

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология»

(Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)     

Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Технологический расчет установки фракционирования нефти</b>

УДК 665.625.023.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Казанцева Евгения Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская М.А.	К.Н.Т.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Н.В.	д.и.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Немцова О.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А.	К.Т.Н		

Томск – 2019 г.

## Планируемые результаты обучения

Кодрезультата	Результатобучения (выпускникдолженбытьготов)
<i>Профессиональныекомпетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональныезнанияв профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решатьзадачипроизводственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать <b>новые</b> технологические процессы, проектироватьи использовать новое оборудование химической технологии, <b>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия , общества и окружающей среды</b>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследованияв области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатироватьи обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <b>выводить на рынок новые материалы</b> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться непрерывно повышать квалификациюв течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	<b>Активно</b> владеть <b>иностранным языком</b> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <b>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</b> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология»  
(Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов)  
Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Кузьменко Е.А.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Казанцевой Евгении Дмитриевне

Тема работы:

Технологический расчет установки фракционирования нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От _____ 19 г. № _____ №

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.19 г.
------------------------------------------	-------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Колонна отбензинивания нефти, контактные устройства, система автоматизированного проектирования UnisimDesign, методы оценки эффективности</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Технико-экономическое обоснование: Эффективные виды и конструкции контактных устройств для ректификационных колонн. Аналитический обзор: Современные САПР, технологическое проектирование ректификации с использованием САПР UnisimDesign, оценка эффективности контактных устройств. Постановка задачи исследования.</p>

	<p>Экспериментальная часть:</p> <p>Разработка моделей тарельчатых (с различными типами тарелок) и насадочных (с различными видами насадки) колонн в САПР UnisimDesign. Оценка расходов флегмы и парового потока в САПР UnisimDesign, нагрузок на кипятильник и конденсатор. Выбор наиболее эффективной тарельчатой и насадочной колонны.</p> <p>Выводы и рекомендации</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	Трубникова Н. В.
Социальная ответственность	Немцова О. А.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.01.19 г.
------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	М.А. Самборская	к.т.н.		14.01.19 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Казанцева Е.Д.		14.01.19 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА**  
**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И**  
**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Казанцевой Евгении Дмитриевне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ ИШПР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах. Материально-технические ресурсы: 12524143,9рублей Человеческие ресурсы: 2 человека
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы.
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г. Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.	Проведение оценки ресурсной, финансовой и экономической эффективности
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3.График проведения и бюджет НТИ 4.Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ 5.Сравнительная эффективность разработки	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Н. В.	д.и.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Казанцева Евгения Дмитриевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д43	Казанцевой Евгении Дмитриевне

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОХИ ИШПР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования являются: приборы, оборудование, рабочая зона персонала, обслуживающего проектируемую ректификационную колонну отбензинивания нефти. Область применения - нефтяная промышленность.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Условия труда</li> <li>–Медицинские осмотры</li> <li>–Гарантии и компенсации</li> <li>–Обеспечение сиз</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность</b>	1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды <ul style="list-style-type: none"> <li>–Отклонение параметров микроклимата</li> <li>–Повышенный уровень шума</li> <li>–Повышенный уровень вибрации</li> <li>–Вредные вещества</li> <li>–Механические опасности</li> <li>–Термические опасности</li> <li>–Электробезопасность</li> <li>–Пожаровзрывобезопасность</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>–Защита селитебной зоны</li> <li>–Анализ воздействия объекта на атмосферу;</li> <li>–Анализ воздействия объекта гидросферу;</li> <li>–Анализ воздействия объекта на литосферу</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	;–Определение поражающих факторов вероятных чрезвычайных ситуаций

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Немцова О. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д43	Казанцева Евгения Дмитриевна		

## Сокращения и обозначения

САПР – система автоматизированного проектирования

АСУТП – Автоматизированная система управления технологическим процессом

КИПиА - контрольно-измерительные приборы и автоматика

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 90 с., 25 рисунков, 30 таблиц, 31 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: Колонна отбензинивания нефти, контактные устройства, система автоматизированного проектирования UnisimDesign, методы оценки эффективности.

Объект исследования - установка фракционирования нефти.

Цель работы – повышение эффективности фракционирования нефти.

В процессе исследования проводились: литературный обзор, были построены две модели колонн фракционирования нефти.

В результате исследования: был выполнен анализ эффективности контактных устройств различных типов.

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: высокая.



## Оглавление

Введение.....	11
<b>1. Эффективные виды и конструкции контактных устройств для ректификационных колонн.....</b>	<b>12</b>
1.1 Ректификация в нефтепереработке и нефтехимии.....	12
1.2 Методы увеличения эффективности работы схем фракционирования .....	13
1.2.1 Типы контактных устройств в массообменных процессах .....	13
1.2.1 Использование высокоэффективных контактных устройств.....	17
1.2.3 Интеграция потоков .....	20
1.2.4 Использование теплового насоса .....	22
<b>2. Современные САПР.....</b>	<b>24</b>
2.1 Технологическое проектирование ректификации с использованием САПР UnisimDesign .....	26
2.1.1 Honeywell's UniSim® Design.....	27
2.1.2 Среда Unisim Design .....	27
2.1.3 Работа с диспетчером базиса .....	29
2.1.4 Выбор термодинамической модели .....	30
2.1.5 Диспетчер нефти.....	32
2.1.6 Создание и расчёт технологической схемы.....	33
2.1.7 Окно колонны .....	35
2.1.8 Вывод результатов .....	35
<b>3. Постановка задачи .....</b>	<b>37</b>
<b>4. Экспериментальная часть .....</b>	<b>38</b>
4.1 Моделирование схем фракционирования .....	38
4.1.1 Исходные данные .....	38
4.1.2 Моделирование колонны отбензинивания.....	39
4.1.3 Моделирование атмосферной колонны .....	41
4.1.4 «TraySizing» .....	44
4.1.5 Анализ эффективности.....	45
Заключение .....	47
<b>5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....</b>	<b>48</b>
5.1 Предпроектный анализ.....	48
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	48
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	48
5.1.3 SWOT-анализ .....	49
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	51
5.2 Инициация проекта.....	51

5.2.1 Организационная структура проекта .....	51
5.2.2 Определение трудоемкости работ .....	52
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	53
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом... ..	54
5.3.1 План проекта.....	54
5.3.2 Бюджет научного исследования .....	57
5.3.3 Организационная структура проекта .....	62
5.4 Определение ресурсной(ресурсосберегающей),финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	62
5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования . .....	63
<b>6.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>67</b>
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	67
6.2 Производственная безопасность.....	71
6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды .....	73
6.3 Экологическая безопасность .....	79
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	82
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>42</b>
<b>Приложение А .....</b>	<b>87</b>
<b>Приложение Б .....</b>	<b>88</b>

## Введение

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач эффективного развития промышленности. Одним из самых энергоёмких процессов химической технологии является процесс ректификации. Удельный расход топлива, на современных атмосферно-вакуумных трубчатках, составляет 30–35 кг/т нефти. Для производства продукции методом ректификации затрачивается до 70% всей энергии [1]. Повышение энергоэффективности возможно за счет подбора оптимальных технологических параметров или совершенствования конструкций аппаратов, в частности за счет использования более совершенных контактных устройств. Для решения подобных задач широко используются компьютерные системы, моделирующие работу аппаратов и технологических схем, например, UniSim Design.

Цель данной работы – провести сравнительный анализ эффективности различных конструкций колонн отбензинивания нефти.

# **1. Эффективные виды и конструкции контактных устройств для ректификационных колонн**

## **1.1 Ректификация в нефтепереработке и нефтехимии**

Эффективное разделение жидких и газообразных углеводородов невозможно без ректификации или сочетания абсорбции с ректификацией. В самом простом случае при получении «сухой» части газа (от водорода до углеводородов  $C_2$ ), а также фракции  $C_3$  (пропан-пропиленовой) и  $C_4$  (бутан-бутиленовой), целесообразно применять установки газодифракционирования с ректификацией (ГДУ) [2].

Распространённым способом тонкого фракционирования является перегонка с ректификацией по температурам кипения. Процесс ректификации заключается в отведении паров жидкости из куба не в конденсатор, а поступлении их в ректификационную колонку. Пары с верха колонны направляются в дефлегматор-конденсатор, где они конденсируются. Конденсат делится на два потока (первый-флегма стекает по насадке вниз, а второй - нагретые пары собираются через холодильник в приемник). В процессе работы ректификационной колонны наиболее летучие компоненты испаряются из жидкой фазы, а менее летучие компоненты конденсируются.

Эффективность ректификационных колонн обычно оценивают числом теоретических тарелок в рабочих условиях (ЧТТ). Ректификационные установки можно использовать для различных целей. С их помощью можно разогнать смеси газообразных углеводородов при низких температурах с помощью твердой углекислоты или жидкого азота. Можно ректифицировать смеси, с температурой кипения в интервале 30-350°C при атмосферном давлении, а узкие фракции высококипящей нефти разгоняют под вакуумом.

Ректификация применяется также для стабилизации бензина: удаления растворённых в нем газов и разделения бензина на узкие фракции [3].

## **1.2 Методы увеличения эффективности работы схем фракционирования**

Методы увеличения энергоэффективности [4]:

- Использование высокоэффективных контактных устройств
- Изменение числа колонн в схеме, и интеграция потоков
- Использование теплового насоса

### **1.2.1 Типы контактных устройств в массообменных процессах**

Высота колонны зависит от количества контактных устройств, устанавливаемых в ней. В свою очередь число контактных устройств определяется как числом теоретических тарелок, найденным в результате расчетов, так и конструкцией контактного устройства, которая отражается на эффективности работы колонны.

Количество конструктивных разновидностей тарелок и насадок весьма велико. Необходимы контактные устройства, которые способны обеспечить эффективность массообмена и высокую интенсивность. Они должны быть простоты в изготовлении и монтаже, а также обладать низким гидравлическим сопротивлением. В одних случаях отдают предпочтение определенным конструкциям, а в других конструкции рассматриваются как равноценные. Это связано с характером и масштабом производства, а так же со свойствами обрабатываемых смесей и рабочими режимами. [5-7].

Характеристика конструкций контактных тарелок представлена в виде таблицы 1 [5].

В соответствии с классификацией [6] все контактные тарелки предложено разделить на четыре класса: барботажные тарелки, струйные тарелки, пленочные тарелки и секционированные тарельчатые устройства.

Таблица 1 – Характеристика конструкций контактных тарелок

Конструкция тарелки	Диаметр колонны, мм	Расстоянием между тарелками, мм	Сравнительная характеристика
Колпачковые тарелки с капсульными колпачками	400 и более	200 и более	Тарелки данного типа имеют большую эффективность, широкий рабочий диапазон* (более 4) и металлоемкость 60–90 кг/м <sup>3</sup> . Хотя такие тарелки сравнительно трудоемки в изготовлении и монтаже, но находят применение благодаря универсальности областей практического применения и неприхотливости в эксплуатации.
Тарелки колпачковые из S-образных элементов	1000 – 8000	450 и более	Металлоемкость тарелок 55–90 кг/м <sup>3</sup> , эффективность такая же, как у колпачковых капсульных тарелок, но производительность на 20–30 % выше. Рабочий диапазон нагрузок не превышает 2.5.
Клапанные прямочные тарелки	1000 и более	450 и более	По сравнению с S-образными тарелками они позволяют повысить производительность колонн примерно на 20–25 %. Диапазон рабочих нагрузок более 4. В области саморегулируемой работы клапанов тарелки обладают относительно небольшим сопротивлением. Металлоемкость составляет 55 – 80 кг/м <sup>3</sup> .
Решетчатые тарелки провального типа	400 и более	200 и более	Производительность тарелок провального типа примерно в 1.8–2 раза больше, чем колпачковых, металлоемкость не превышает 40–50 кг/м <sup>3</sup> . По сравнению с колпачковыми эти тарелки имеют меньшую эффективность и более узкий рабочий диапазон, который в среднем равен 2.

Струйно-направленные тарелки с вертикальными поперечными секционирующим и перегородками	-	-	По сравнению с колпачковыми тарелки этого типа позволяют повысить производительность колонн в 1.8–2 раза при сохранении высокой эффективности разделения. Рабочий диапазон этих тарелок более 3.
Тарелки из S-образных элементов с прямоточными клапанами (TSK)	-	-	Производительность и эффективность таких тарелок примерно на 10 % выше, чем у клапанной тарелки.
Решетчатые тарелки провального типа с отогнутыми кромками щелей	Применимы для колонн любых диаметров	-	Характеризуются диапазоном рабочих нагрузок на 10–15 % и производительностью на 15 % больше относительно стандартных решетчатых тарелок.

\* Диапазон рабочих нагрузок – отношение максимальной скорости паров к минимальной.

На барботажных тарелках пар (газ) проходит через жидкость. Жидкость при этом является сплошной фазой, а пар - дисперсной. В результате взаимодействия их на тарелке образуется парожидкостный слой.

Особенностью струйных тарелок является диспергирование жидкости паром (газом) в начальный момент их взаимодействия и последующее их совместное движение. В отличие от барботажных тарелок на струйных паровая (газовая) фаза является сплошной, а жидкая - дисперсной.

Конструктивной особенностью пленочных контактных устройств является фиксированная поверхность, образованная каналами различного сечения, по внутренней поверхности которых движется тонкая жидкостная пленка и взаимодействует с паром. Они обладают низким гидравлическим сопротивлением, и нашли применение в процессах вакуумной дистилляции. Однако при создании пленочных, промышленных аппаратов возникают трудности с равномерным распределением жидкости между контактными элементами и сепарацией фаз [8].

Для увеличения производительности тарелки следует использовать контактирование фаз в прямотоке. Однако чистый прямоток не обеспечивает высокой эффективности контакта фаз. Поэтому стремятся задержать развитие прямоточного движения, устанавливая отбойники или

вертикальные перегородки в направлении, поперечном потоку жидкости, изменяя направление ввода пара на смежных элементах тарелки, применяя специальные конструктивные модификации клапанов, комбинируя различные контактные элементы в пределах контактной зоны и т. п.

В зависимости от схемы взаимного движения пара (газа), и жидкости все тарелки можно разделить на четыре группы:

- 1) тарелки перекрестного типа, в которых движение пара и жидкости осуществляется перекрестным током. Эти тарелки имеют специальные переливные устройства для перетока жидкости с одной тарелки на другую;
- 2) тарелки провального типа, в которых переливные устройства отсутствуют, а газ и жидкость проходят через одни и те же отверстия;
- 3) тарелки с однонаправленным движением газа и жидкости. К ним относятся, в частности, ситчатые тарелки с отбойными элементами;
- 4) тарелки прочих типов.

Последняя группа тарелок, по-видимому, наиболее обширная и отличается большим разнообразием. В то же время широкое распространение в промышленной практике получили лишь некоторые конструкции: колпачковые, ситчатые, клапанные, ситчато-клапанные, ситчатые с отбойными элементами, решетчатые тарелки [8].

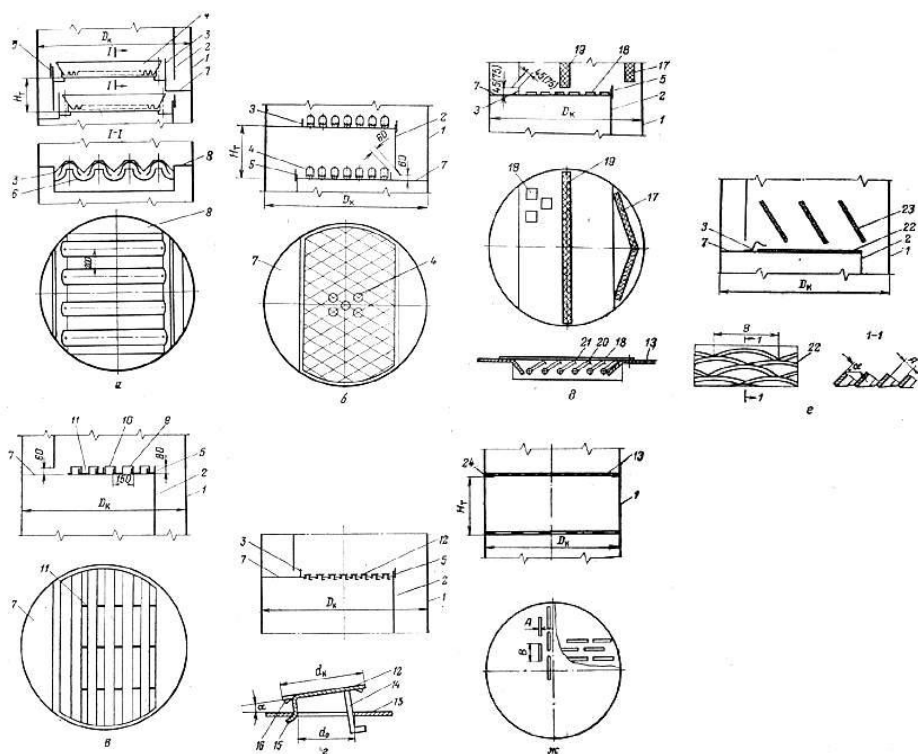




Рисунок 1 - Основные элементы стандартных тарелок: а — колпачковая желобчатая; б — колпачковая капсульная; в - колпачковая из S-образных элементов; г — клапанная прямоточная; д — жалюзийно-клапанная; е - ситчатая с отбойниками из просечно-вытяжного листа; ж - решетчатая провального типа; 1 - корпус колонны; 2 — стенка переливного кармана; 3 — подпорная перегородка; 4 — колпачок; 5 — сливная перегородка; 6 — желоб; 7— приемный карман; 8 — глухой сегмент; 9 — S-образный элемент; 10 — разборный S-образный элемент 11 — ребро жесткости; 12 — клапан прямоточный; 13- полотно тарелки; 14 — длинная ограничительная ножка; 15 - короткая ограничительная ножка; 16 — выступ, обеспечивающий начальный зазор под клапаном; 17 -отбойник сетчатый концевой; 18 — жалюзийно- клапанный элемент; 19 - отбойник сетчатый промежуточный; 20 — прямоугольный клапан; 21 — выступ, обеспечивающий начальный зазор под клапаном; 22 — основание тарелки из просечно-вытяжного листа; 23 - отбойник; 24 — опорное кольцо.

### 1.2.1 Использование высокоэффективных контактных устройств

Высокоэффективной тарелкой для массообменных газожидкостных процессов является каскадная тарелка. Она содержит горизонтальные ленты, которые образуют уклон от стены колонны, образуя щели между лентами, и напоминают лестницу. Данное изобретение уменьшает гидравлическое сопротивление, повышает скорость массообмена между жидкостью и газом, и дает возможность работы тарелки в широком диапазоне скоростей [9].

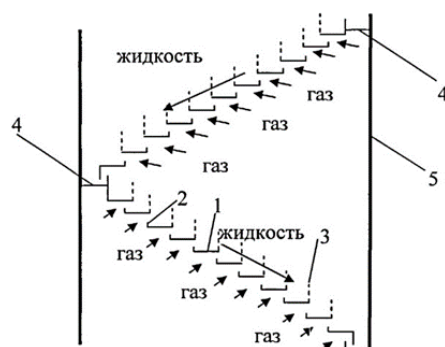


Рисунок 2 — 1-ленты, 2-плоскость бордюры,3-сеточная лента,4-переливное устройство,5-стена колонны

Для обеспечения тепло-массообменных процессов в ректификационной колонне используют различного типа насадки. К эффективным насадкам, имеющим малую ВЭТС относятся насыпные нерегулярные насадки типа колец Рашига, Диксона, спирально-

призматической и т.п. Однако, их применение ограничивается диаметром колонн равным 150 мм, что приводит к недостаточно равномерному распределению жидкой и газообразной фаз по сечению колонны. К нарушению массообмена приводит то, что пар «пробивает» каналы в насадке, отжимая жидкость в стороны.

Для колонн большого диаметра применяют регулярные насадки. Примером являются насадки типа Зульцера, которые в свою очередь, имеют небольшое гидравлическое сопротивление, но их ВЭТС меньше, чем у нерегулярных.

Для равномерного распределения газообразной и жидкой фаз по сечению колоны большого диаметра необходимо объединить достоинства регулярной и нерегулярной насадок.

В работе [10] предлагается, внутри колонны перед засыпкой нерегулярной насадкой размещать призматическую структуру из капиллярной сетки с вертикальными гранями, которая делит колонну на отсеки равной площади поперечного сечения выпуклой формы любым из известных способов, над каждым отсеком находится свой дефлегматор с распределителем жидкой фазы по площади отсека.

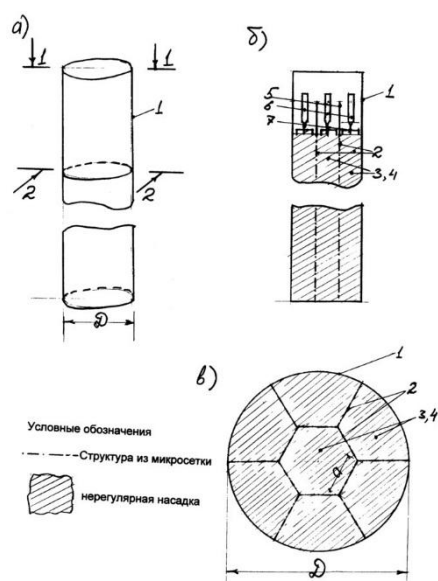


Рисунок 3 – Насадка (чертеж): 1 – цилиндрическая колонна; 2 – призматическая структура из капиллярной сетки с вертикальными гранями, 3 – отсеки равной площади поперечного сечения выпуклой формы; 4 – нерегулярная насадка; 5 – листовая сетчатая структура; дефлегматор; 7 – распределитель.

При такой конструкции пар не переходит из отсека в отсек, а краевой эффект на границах отсеков отсутствует. В системе осуществляется обратная связь, с помощью которой выравниваются потоки жидкой и газообразной фаз в каждом отсеке. Система в целом находится в динамическом равновесии и саморегулируется.[11]

### **1.2.2 Виды насадок**

Кольца Рашига являют собой незаменимые приспособления, используемые, преимущественно, в химической промышленности.

По материалу изготовления выделяют некоторые виды колец Рашига:

- керамические;
- углеграфитовые;
- стальные (изготавливаются посредством разрезания стандартных труб, имеют достаточно большую толщину стенок, немалый объемный вес);
- иногда, из других металлов.

Кольца Рашига постоянно совершенствуются, поэтому вполне возможным является факт появления на рынке услуг насадок из пластических масс. В зависимости от используемого при изготовлении материала, меняются и некоторые характеристики, и свойства приспособления. Это и прочность, и кислотостойкость.

Они имеют ряд отличительных характеристик и должны соответствовать некоторым специфическим требованиям.

Среди них можно выделить большую удельную поверхность и небольшой удельный вес. Также должен быть в наличии достаточно большой свободный объем, возможность оказывать малое сопротивление газовым потокам, способность хорошо распределять жидкость. Не менее важным показателем является и стойкость к коррозионной среде, в которой находятся насадки.

Кольца Рашига относят к одному из подтипов кольцевых насадок. Внешне это цилиндрические насадки с тонкими стенками. Наружный

диаметр подобных приспособлений, чаще всего, равен высоте самого кольца. Изменяется данный параметр от 25 до 150 миллиметров.

Рынок также насыщен и другими, более современными, насадками, которые во многом лучше колец Рашига. Это приспособления Палля, Берля. Связан данный факт с тем, что кольца Рашига очень просты, не имеют никаких дополнительных устройств. Но в этом и их плюс, так как насадки достаточно легки в изготовлении и дешевые. Сегодня они достаточно широко используются на практике и чаще всего употребляются на многих предприятиях.[12-13]

### **1.2.3 Интеграция потоков**

Ректификация является термодинамически необратимым процессом, значит для энергосбережения необходимо приблизить процесс к термодинамически обратимому.

Данный процесс можно реализовать в виде комплекса в котором будут связаны материальные и тепловые потоки, препятствием для их внедрения в промышленном масштабе, является сложность управления. Технологические схемы, включающие комплексы с частично связанными тепловыми и материальными потоками (PTCDS), являются промежуточными вариантами по термодинамической эффективности между классической ректификацией и FTCDS. PTCDS исключают термодинамически вредные процессы смешения потоков и частично обеспечивают теплоинтеграцию.

Так же, повышение энергоэффективности можно реализовать при помощи колонн с внутренней теплоинтеграцией. Осуществляется распределённый подвод тепла к исчерпывающей части колонны и отводится тепло от укрепляющей частей колонны. Данный процесс сложен в исполнении, но позволяет снизить энергозатраты на 50-60 %

Схемы с полностью или же частично связанными тепловыми и материальными потоками, по сравнению с классическими схемами фракционирования нефти, позволяют снизить энергозатраты до 50% [14].

DWC колонна с разделительной стенкой. Колонна разделяется на секции: префракционирования и основную секцию разделения (все это в одном корпусе). Преимуществом данной схемы является то, что исходная смесь может быть разделена на чистые продуктовые потоки с использованием одного ребойлера, одной колонны, и одного конденсатора.

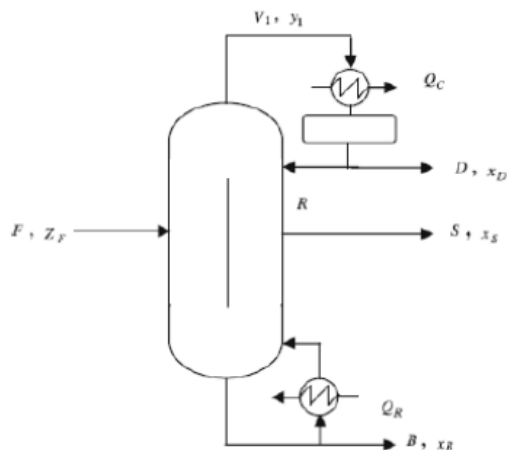


Рисунок 4 - DWC схема ректификации с разделительной стенкой

Недостатком колонн с разделительной стенкой является наличие большого количества степеней свободы, и это влечет за собой сложность управления и проектирования.

Снижение энергетических затрат можно обеспечить, используя технологическую схему, представленную на рисунке 4.

В качестве подогретого потока, подаваемого в куб колонны 1, используют вместо горячей струи, которая имеет низкую долю отгона, более половины потока нефти, подогреваемого в печи 2. Тем самым удастся существенно поднять паровые и жидкостные нагрузки в колонне. Стабилизация бензиновых фракций обеих колонн осуществляется выводом тяжелой бензиновой фракции из колонны 5 в колонну 1 с помощью бокового погона в отпарную секцию. Кроме того, это позволяет вывести из колонны 1 боковой погон и подать в колонну 5. Все это позволяет разгрузить обе колонны [15].

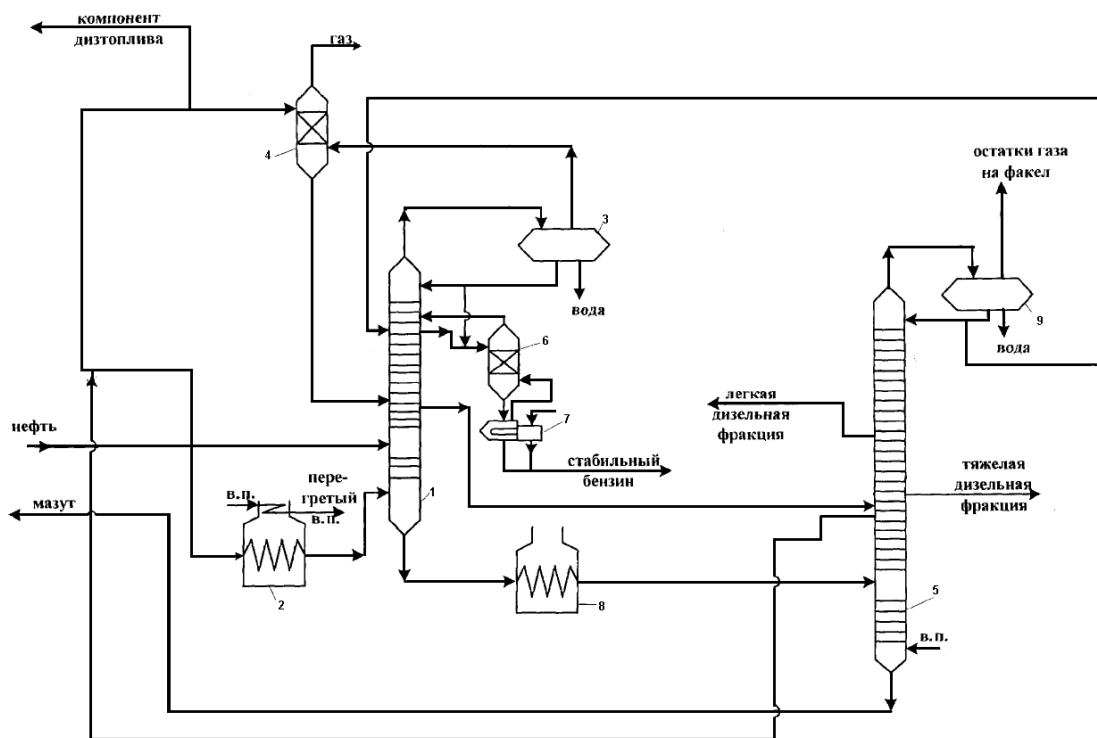


Рисунок 5 – Технологическая схема перегонки нефти: 1 - колонна частичного отбензинивания нефти; 2,8 – печи; 3,9 -емкость орошения; 4 - абсорбер; 5 - сложная атмосферная колонна; 6 - отпарная секция; 7 – кипяtilьник.

### 1.2.4 Использование теплового насоса

Повышению энергоэффективности служит использование теплового насоса. На рисунке верхний продукт колонны сжимается в компрессоре, и с его помощью температура пара становится больше чем в кипяtilьнике. Сжатые пары колонны могут быть использованы как теплоноситель.

Таким образом, тепло системы экономно расходуется.

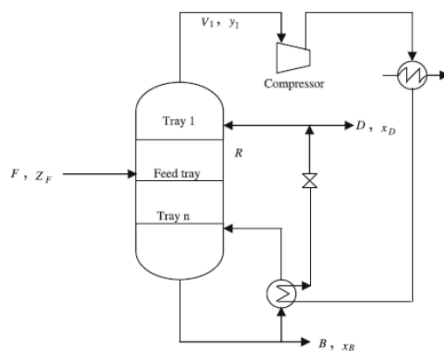


Рисунок 6 – Использование теплового насоса при ректификации

## 2. Современные САПР

Главным условием успешного и эффективного выполнения инженерных работ на нефтегазовом предприятии является наличие специализированных инструментов, позволяющих сократить срок выполнения инженерных работ, повысить их качество, а также качество выходной документации, что и осуществляется посредством САПР.

Задачи, решаемые комплексной САПР в нефтегазовой отрасли, показаны на рисунке 7.



Рисунок 7 – Задачи, решаемые в нефтегазовой отрасли комплексной САПР

Расчёты в любой САПР содержат обязательные этапы:

- ввод исходных данных
- формирование технологической схемы
- расчёт свойств потоков (программа осуществляет самостоятельно)
- расчёт преобразователей потоков (аппаратов схемы)
- организация вывода результатов расчета.

Часто используют системы, позволяющие создать единую информационную модель проекта, с которой работали бы различные специализированные САПР. Причем такая система должна не только обеспечивать передачу инженерной информации, но и быть хранилищем данных с возможностью организации документооборота. Что позволит сопровождать объект проектирова

ния на протяжении всего жизненного цикла, начиная со стадии проекта и заканчивая эксплуатацией.

К ведущим коммерческим симуляторам можно отнести САПР перечисленные ниже.

- AspenTech —

поставщик интеллектуальных программных продуктов и сервисов управления проектированием для ХТ промышленности

- AurelSystems —

ПО для проектирования, модернизации, управления и оптимизации новых и ли действующих процессов. Открытый банк углеводородов.

- BryanResearch&Engineering, Inc. поставщик программных продуктов ProMax с модулем TSWEET и PROSIM. Моделирующие программные продукты, используются для проектирования и оптимизации газо-, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств.

- Chemstations, Inc — ProcessSimulationSoftware —  
полный набор инструментов для моделирования стационарных или динамических состояний химических процессов. Работает с периодическими, полупериодическими и непрерывными системами.

- DESIGNIIforWindowsProcessSimulation—  
точное моделирование химических и нефтехимических процессов, включая подготовку, разделение и переработку нефти и газа, кристаллизацию, а также расчёт трубопроводов

- VirtualMaterialsGroupInc —  
Предлагают ПО для моделирования процессов нефтяной, газовой и химической промышленности.

- ComputinginTechnologyGmbH — компания-разработчик ПО в сфере химических расчётов, моделирование кинетики и промышленной кристаллизации.

- IDEAS SimulationInc. —  
программный комплекс для стационарного и динамического моделирования различных ХТ производств



- KBC: Petro-SIM –

графический симулятор процессов от KBC technology и операционной среды моделирования для лучших возможностей моделирования процессов и установок разделения и переработки нефти и газа.

- PFD: Dynochem – ПО для инженеров – проектировщиков в сфере ХТ. Предназначено для моделирования и масштабирования аппаратуры органического синтеза в периодической промышленности.

- ProSim –

ПО для моделирования процессов, предназначенных для химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

- RSimpoint, Inc. –

ПО для химического и термодинамического моделирования.

- HYSYS –

Компьютерная система, предназначенная для моделирования и оптимизации химико-технологических процессов

- CAPE-OPEN to CAPE-OPEN simulator (COCO) –

это свободная операционная среда для моделирования стационарных режимов, состоящая из сред структуры ХТС, термодинамической среды, пакетов элементов ХТС и ещё ряда инструментов.[16]

## 2.1

### **Технологическое проектирование ректификации с использованием САПР UnisimDesign**

САПР UniSimDesign используется для моделирования технологических процессов на промышленных предприятиях, которое помогает повысить эффективность проектирования и оптимизировать разрабатываемые решения. UniSimDesign используют в нефтегазовых, нефтеперерабатывающих, нефтехимических, химических и энергетических отраслях.

Пакет UniSimDesign помогает инженерам в создании стационарных и динамических моделей для проектирования и оптимизации промышленных установок и систем управления, анализа нештатных ситуаций и рисков, оценк

и систем безопасности, мониторинга рабочих показателей, устранения неполадок, улучшения эксплуатационных качеств, планирования бизнеса и управления активами. Преимущества систем моделирования технологических процессов также доказаны на практике: они позволяют повысить эффективность проектирования на 20% за счет лучших в своем классе инструментов управления рабочими процессами и добиться экономии капитальных затрат на 30% за счет надлежащего выбора материалов при проектировании систем безопасности.[17]

### 2.1.1 Honeywell'sUniSim® Design

Honeywell'sUniSim® Design представляет собой программный продукт, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля производительности оборудования, оптимизации и бизнес-планирования в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии.

### 2.1.2 СредаUnisim Design

Архитектура интерфейса Unisim Design

«Диспетчер базиса» - Среда базиса –

в ней пользователь выбирает вещества, с которыми будет в дальнейшем работать и модели и корреляции, по которым рассчитываются различные (физические, термодинамические) свойства веществ, материальных и тепловых потоков.

«Характеризация нефти» –





вкладка позволяет ввести имеющиеся данные о нефти и разбить её на псевдокомпоненты.

«Главная расчётная среда» -

это редактор технологических схем и интерфейс для расчёта. Содержит большой набор аппаратов ХТС [18].



Основные функциональные клавиши UnisimDesign представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные функциональные клавиши UnisimDesign

Название	Кнопка	Описание
Новая задача		Создает новую задачу
Открыть задачу		Позволяет найти и открыть уже существующую задачу/шаблон/колонну
Запомнить задачу		Записывает на диск текущую активную задачу
PFD (processflowdiagram)		Открывает графический экран текущей схемы

Продолжение таблицы 2.

Рабочая тетрадь		Открывает рабочую тетрадь текущей схемы
Навигатор		Осуществляет доступ к навигатору объектов схем
Навигатор схемы		Осуществляет доступ к навигатору схем
Динамический помощник		Осуществляет доступ к программе помощи при работе в динамическом режиме.
Колонна		Открывает специализированное окно колонны
Стационарный/ динамический		Осуществляет переключение между стационарным и динамическим режимами работы
Активный Ожидание Пуск/Останов (стационарный режим)		В главной среде: осуществляет переключение между активным режимом и режимом ожидания. Зеленый (левый) – активный. В среде колонны: производит пуск/остановку расчета колонны. Зеленый (левый) – пуск.
Интегратор (динамический режим)		Осуществляет запуск и остановку интегратора – расчётной программы динамического режима. Зеленый (левый) – пуск.
Базис		Вход в среду базиса.
Родительская схема		Осуществляет возврат из подсхемы в родительскую схему, например, из подсхемы колонны в главную схему.

Среда нефтяного пакета		Осуществляет вход в среду нефтяного пакета и из среды базиса.
Выход из среды		Если Вы находитесь в нефтяном пакете – возврат в среду базиса, если в среде базиса – возврат в основную среду.

### 2.1.3 Работа с диспетчером базиса

Диспетчер, \_\_\_\_\_ или \_\_\_\_\_ среда \_\_\_\_\_ базиса —  
это самая первая часть интерфейса Unisim Design. В этой среде необходимо описать химические вещества, их превращения и термодинамику моделируемой системы.

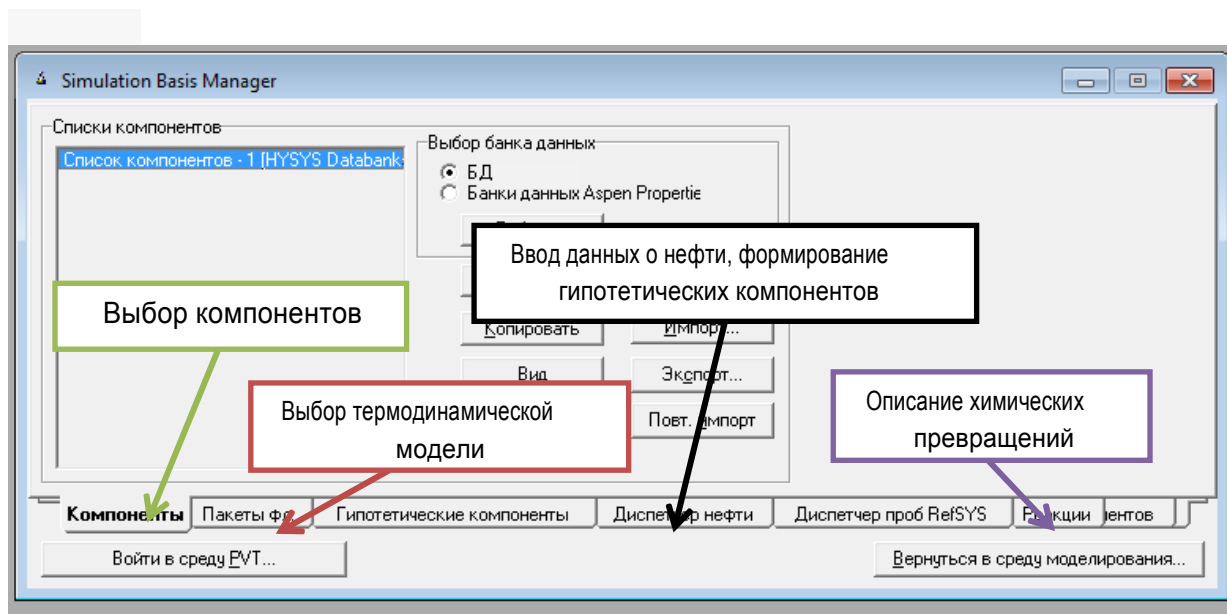


Рисунок 8 - Среда базиса: Основные задачи

#### 2.1.3 Выбор компонентов

Стандартная библиотека компонентов в UnisimDesign очень велика (содержит более 10 тыс. компонентов). Компоненты в ней разбиты на 2 группы: традиционные и гипотетические.

Компоненты добавляются во вкладке «**Компоненты**». Этой вкладкой пользуются, когда компоненты представляют собой конкретные химические вещества. На рисунке 9 представлено окно выбора компонентов. Выбор компонентов осуществляется из достаточно большой базы данных по компонентам. Поиск в базе данных можно выполнять по названию, или химической формуле вещества. Можно применить фильтры поиска — по типу веществ и нужному термодинамическому пакету.

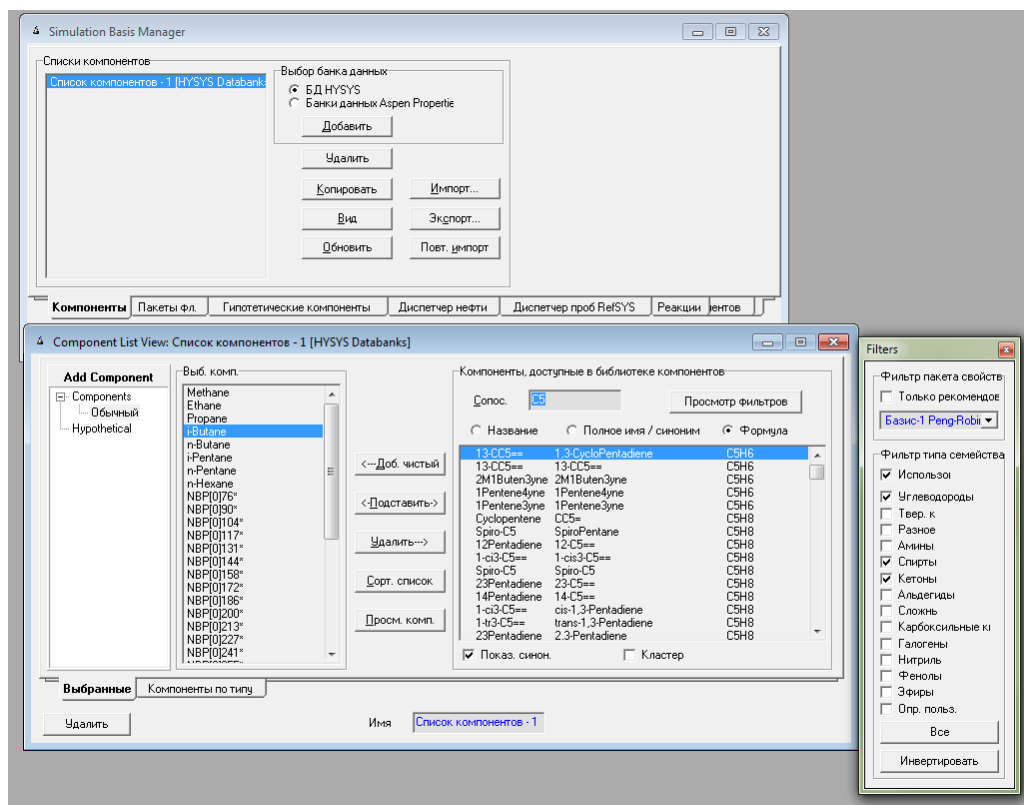


Рисунок 9 – Окно выбора компонентов

### 2.1.4 Выбор термодинамической модели

Термодинамическое поведение веществ и их фазовые состояния описывается набором сложных уравнений, связывающих между собой параметры состояния вещества (температура, давление, объём) и термодинамические характеристики (константы фазового равновесия, энтальпию, энтропию, плотность и др.).

В UnisimDesign термодинамические модели разделены на следующие группы (рисунок 10):

- **Уравнения состояния** (свойства идеальных систем)
- **Модели активности** (расчёт констант фазового равновесия неидеальных систем с учётом межмолекулярного взаимодействия)
- **Обобщенные корреляции** (метод расчета констант фазового равновесия Чоу-Сидера, метод расчета плотности жидкости API и др. эмпирические методы)
- **Модели упругости паров** (свойства димеризующихся веществ)
- **Прочие модели** (Специальные пакеты UnisimDesign и т.п.).

Находим вкладку «**Пакеты свойств**». Кликаем кнопку **«Добавить»** и добавляем подходящий пакет свойств из списка.

Вкладка **«Параметры»** - выбор вариантов расчёта тех, или иных характеристик веществ (как правило, выбор делается автоматически, однако, в случае необходимости можно изменить нужные значения).

Вкладка **«Двухкомп. коэффициенты»** - значения коэффициентов межмолекулярного взаимодействия. Значения рассчитываются автоматически в зависимости от набора компонентов и выбранного термодинамического пакета.

Вкладка **«Реакции»** - если в системе протекают химические реакции, их необходимо добавить к пакету свойств (иначе термодинамика их протекания не будет учтена).

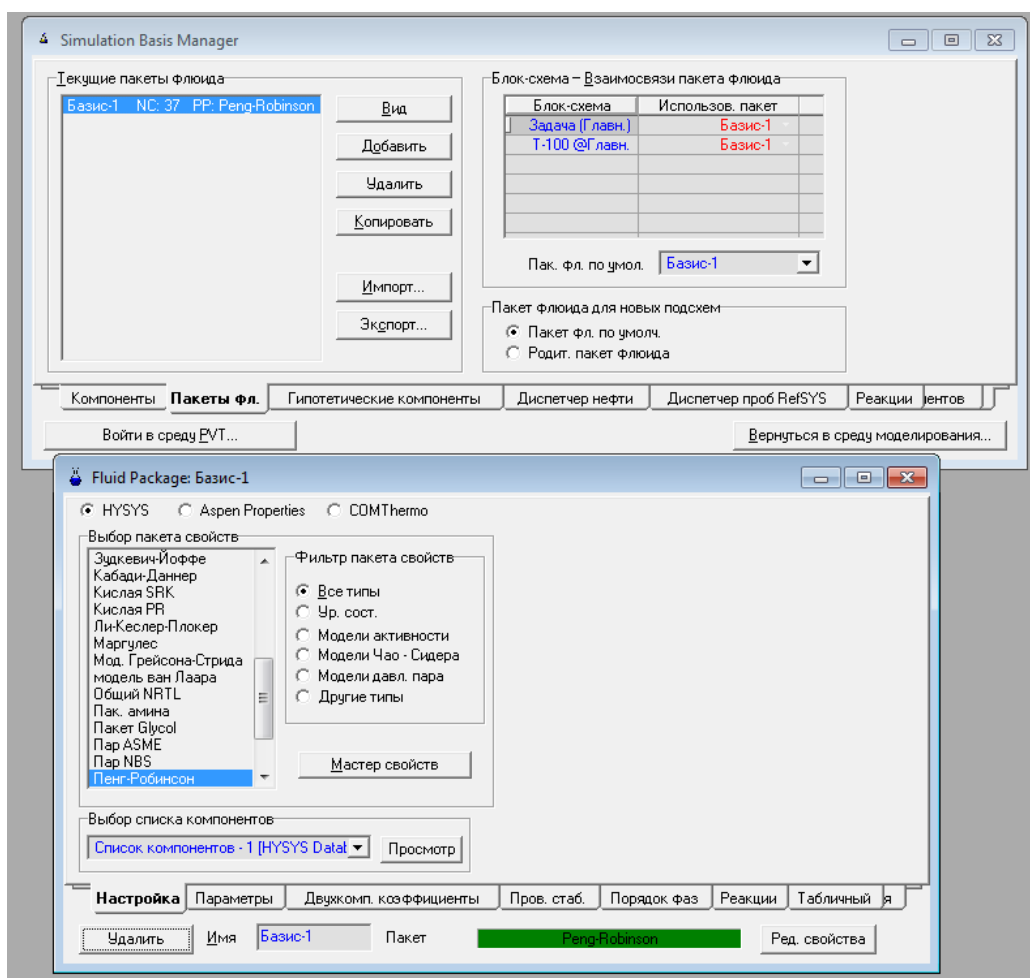


Рисунок 10 –  
Группы термодинамических моделей. Вкладки в окне «FluidPackage» содержат ряд параметров.

### 2.1.5 Диспетчер нефти

Это специальная среда для задания фракционного состава и других результатов лабораторного исследования образца нефти.

После выбора термодинамического пакета переходим к вкладке «Диспетчер нефтей», содержащую кнопку «Вход в Нефтяной пакет». Нажимаем кнопку.

#### Ввод данных о нефти

В появившемся окне «Характеризация нефти» → «Набор данных» (или «фрак. нефти»), нажимаем кнопку «Добавить» (рисунок 11). В открывшемся окне необходимо выбрать свойства из предлагаемого ассортимента и задать их значения.

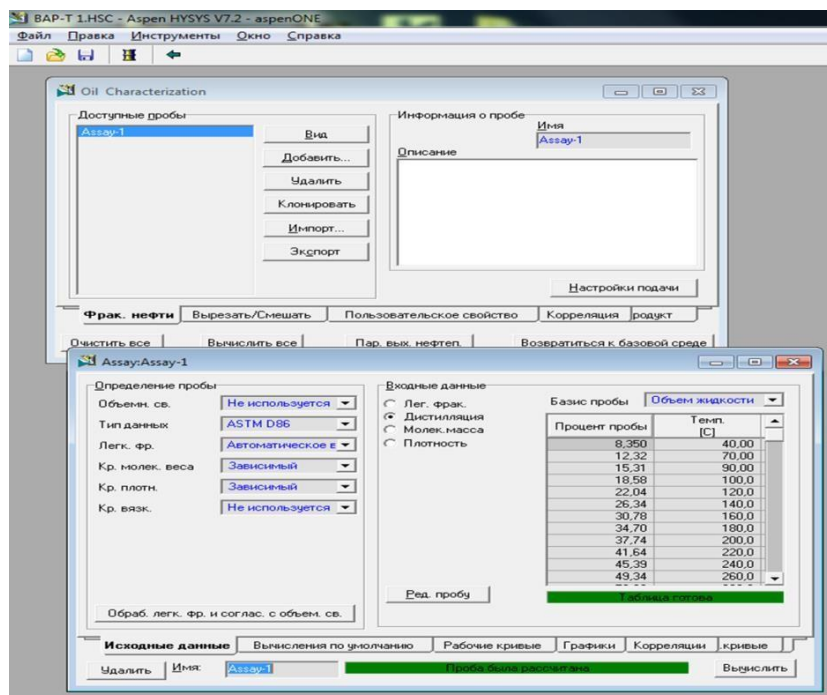


Рисунок 11 - Характеризация нефти

Выбор осуществляется в поле «Определение пробы».

**Свойства образца нефти** (плотность, вязкость, молекулярный вес).

При их наличии выбираем Used, при отсутствии – Not used.



**Тип данных** – вид кривой разгонки – выбираем из списка ИТК.



**Кривые молекулярного веса, плотности и вязкости** выбираем «зависимые» (в этом случае значения свойств получены для тех же долей отгона, что и кривая разгонки).

Значения имеющихся данных вводятся в поле «Входные данные». Для обозначения концов кипения на кривой ИТК должны быть точки, соответствующие долям отгона 1 и 100 %. Минимальное необходимое для расчёта количество точек – 5. После ввода всех данных нажимаем кнопку «Вычислить».

После расчёта на вкладке «расчётные кривые» становятся доступным и кривая разгонки по ИТК, кривые плотности, молекулярного веса, вязкости. Та же информация в графическом виде доступна на вкладке «Графики».

Возвращаемся в «Диспетчер базиса» .  
Нажав соответствующую кнопку  переходим в «расчётную среду» для составления схемы потоков (PFD)[18]

### 2.1.6 Создание и расчёт технологической схемы

На этом этапе необходимо составить технологическую схему из предоставляемого набора аппаратов и потоков, установить взаимосвязи между ними. Вход и выход из режима расчета схемы осуществляется нажатием соответствующей кнопки на панели инструментов.

Предлагаемый набор аппаратов содержит большинство используемых в химической промышленности аппаратов: циклоны, смесители, несколько видов ректификационных колонн, абсорберов, сепараторов, химических реакторов, а так же различные элементы управления. Таким образом имеется возможность моделировать не только относительно простые схемы газоразделения, первичной перегонки нефти, но и куда более сложные, в т.ч. и химические процессы с участием 3-х фаз. Расчёт происходит итерационно.

Исходными данными служат параметры потоков и аппаратов, задаваемые при составлении технологической схемы в меню конкретного аппарата,

или потока. Расчёты можно проводить как в стационарном, так и в динамическом режимах.

Предусмотрена возможность проводить конструктивные расчёты. В программу заложены наборы стандартных размеров различных конструктивных элементов, на которые пересчитываются значения, полученные из предварительных расчётов.

Нажав  мы откроем доступные потоки и аппараты:

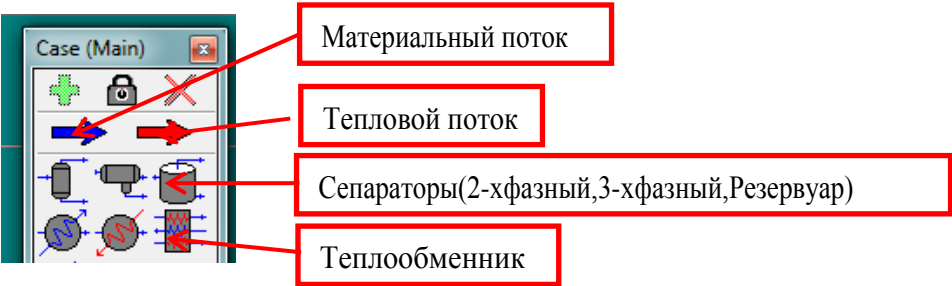






Рисунок 12 – Часть инструментария PFD

Для работы в расчетной среде существует свой набор функциональных кнопок:

Таблица 3 – Набор функциональных кнопок расчетной среды UnisimDesign

Название кнопки	Кнопка	Функция
Перемещение/Соединение (Move/Attach)		Эта кнопка управляет двумя режимами графического интерфейса. Режим Перемещение (Move), заданный по умолчанию, позволяет перемещать операторы и потоки. Когда эта кнопка нажата, Вы находитесь в режиме Соединение (Attach), который позволяет соединять потоки и операции.
Размеры (Size)		В этом режиме Вы можете изменять размеры выбранного объекта. Этот объект оказывается окруженным рамкой, которая, в свою очередь, имеет по периметру восемь небольших белых прямоугольников. С помощью мыши можно перемещать эти прямоугольники по соответствующим направлениям, меня тем самым размеры объекта.
Разрыв соединения (BreakConnections)		Когда эта кнопка нажата, Вы можете разорвать соединение между потоком и операцией. При нажатой кнопке курсор мыши меняет форму. С помощью левой кнопки выберите любой участок потока между изображением потока и изображением операции, и соответствующее соединение окажется разорванным.
Переключение соединения (SwapConnections)		Если два потока подсоединены к штуцерам одного оператора, то они меняются местами.
Увеличительное		При нажатии этой кнопки курсор принимает форму увеличительного стекла. Удерживая левую кнопку

стекло (DragZoom)		мышью, очертите ту часть схемы, масштаб которой предполагается изменить. Для изменения масштаба можно воспользоваться также инспекцией экрана PFD: выберите Режим (Mode) и затем – Масштаб (Zoom), либо выбрать пункт меню PFD – Увеличительное стекло (DragZoom).
Добавить описание (AddText Annotation)		Эта кнопка позволяет добавить текстовое описание к графическому изображению схемы. Когда кнопка нажата, курсор изменяет свой вид и появляется прямоугольная рамка. Установите рамку на тот участок, где должен быть помещен текст, нажмите левую кнопку мыши и введите необходимый текст в появившееся диалоговое окно.
Схема цветов (ColourScheme)		С помощью этой кнопки выбирается схема цветов графического экрана.
Ускоренная маршрутизация (QuickRoute)		Этот режим позволяет быстро переносить изображения операций схемы вместе с соединенными потоками. При этом соединительные линии могут накладываться на изображения операций. При отключении кнопки схема будет автоматически перерисована таким образом, что линии не будут накладываться на картинки.
Панель объектов (Каса объектов)		Панель объектов содержит всевозможные объекты технологической схемы. При нажатии этой кнопки отображается/скрывается панель объектов.

Можно проверить соответствие заданных спецификаций исходным данным, и, в случае несоответствия, задать дополнительные, или убрать ряд имеющихся. После этой процедуры необходимо перейти в режим расчёта и нажать кнопку «Пуск»  в окне колонны – запустится расчёт. В случае правильно заданных спецификаций, статус объекта (колонны) сменится на «Сошёлся».[19]

### 2.1.7 Окно колонны

При выборе спецификаций число степеней свободы должно быть равным 0. Это достигается установкой/снятием галочки «активная» в типе спецификации. Расчёт ведётся до тех пор, пока введенные значения для активных спецификаций не совпадут с рассчитанными в UnisimDesign. Примерный набор спецификаций показан на рисунке. Если долго считается – плохие начальные приближения или неверно заданы спецификации.

### 2.1.8 Вывод результатов

Возможны 2 варианта вывода результатов.

## Первый

просмотр результатов в окне объекта. Необходимо провести поиск интересующих результатов во вкладках и закладках окна интересующего объекта. Способ подходит, если объём требуемых результатов не велик.

## Второй

осуществляется путём создания отчётов. Содержание отчётов задаёт пользователь, включая, или исключая из них соответствующие таблицы и этапы расчёта. Имеется возможность экспорта данных (таблиц, графиков, технологических схем) в сторонние приложения. Отчёты так же можно сохранять в файл.

Находим в меню **«Инструменты»** → **«Отчёты»**. Кликаем кнопку **«Создать»** и **«Добавить таблицу»**.

Таблицы содержат всевозможные свойства потоков (и тепловые в том числе), операции (расчёт аппарата), профили и т.д. Набор выводимых параметров нужно сформировать.

При формировании таблиц обращаем внимание на их содержание (структура таблиц для объекта полностью соответствует меню объекта в расчётной среде). Добавляем всё, что нам необходимо из предложенного списка и печатаем, либо сохраняем в файл.[20]

### **3. Постановка задачи**

Энергосбережение наряду с поиском оптимальных режимов эксплуатации установок фракционирования является ключом к эффективной работе производства.

Достижение энергосбережения возможно на этапе проектирования и конструирования.

Также возможна оптимизация энергопотребления действующей установки путем замены контактных устройств на более эффективные в период планового ремонта. Для предварительной оценки и выбора наиболее эффективных контактных устройств целесообразно использовать системы автоматизированного проектирования (САПР).

Цель данной работы: повышение эффективности фракционирования нефти.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. На основе исходных данных в UniSimDesign построить две модели колонн фракционирования нефти:
  - а) Колонна отбензинивания
  - б) Колонна перегонки под атмосферным давлением
2. Построить двухколонную схему
3. Выполнить анализ эффективности тарелок и насадок различных типов.
4. Дать рекомендации по повышению эффективности работы схемы.

## 4. Экспериментальная часть

### 4.1 Моделирование схем фракционирования

#### 4.1.1 Исходные данные

Расчет моделей схем фракционирования проводился с использованием универсальной системы моделирования UnisimDesign.

Исходные данные для проектирования колон отбензинивания представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные.

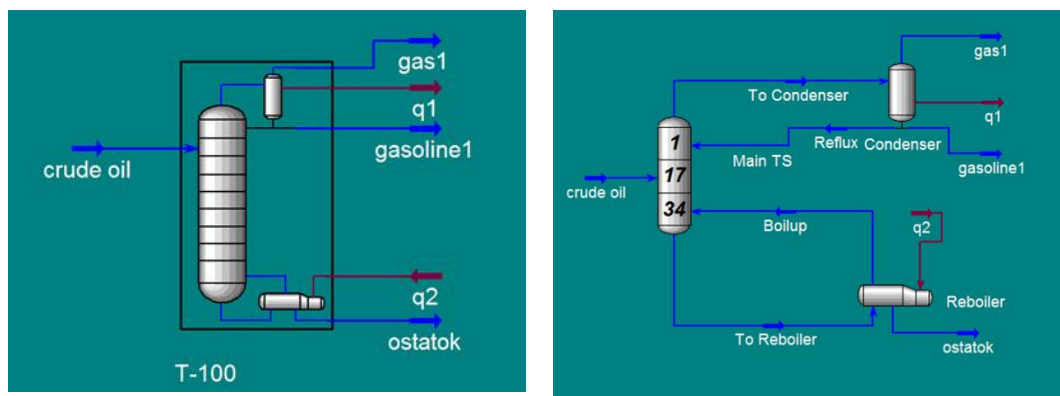
№ фракции	Температура выкипания фракции, °С	Суммарный выход на нефть, % масс.	Плотность г/см <sup>3</sup>	Молекул. Масса, М
1	10-40	8,35	0,6311	67
2	40-70	12,32	0,6664	76
3	70-90	15,31	0,7138	97
4	90-100	18,58	0,7248	102
5	100-120	22,04	0,7415	107
6	120-140	26,34	0,7537	117
7	140-160	30,78	0,7714	128
8	160-180	34,70	0,7861	138
9	180-200	37,74	0,8074	150
10	200-220	41,64	0,8154	166
11	220-240	45,39	0,8309	180
12	240-260	49,34	0,8427	196
13	260-280	53,26	0,8507	215
14	280-300	57,41	0,8564	234
15	300-320	61,36	0,8652	255
16	320-350	65,94	0,8802	277
17	474	100	0,921	471

#### 4.1.2 Моделирование колонны отбензинивания

Известные величины вводятся в соответствующие поля программы. Расчет углеводородных систем производится методом уравнения состояния Peng-

Robinson. (так как он более точно описывает углеводородные системы в диапазоне умеренных температур и давлений) Метод перегонки нефтепродуктов выбран стандартный -

ASTM D86 при атмосферном давлении. Модель колонны — DistillationColumn с дефлегматором и кипятильником. Колонна отбензинивания представлена на рисунке 13.



а)

б)

Рисунок 13 – а – Схема колонны отбензинивания, б -  
схема колонны отбензинивания в развернутом виде

Заглянув в соответствующие области программы можно получить данные по колонне:

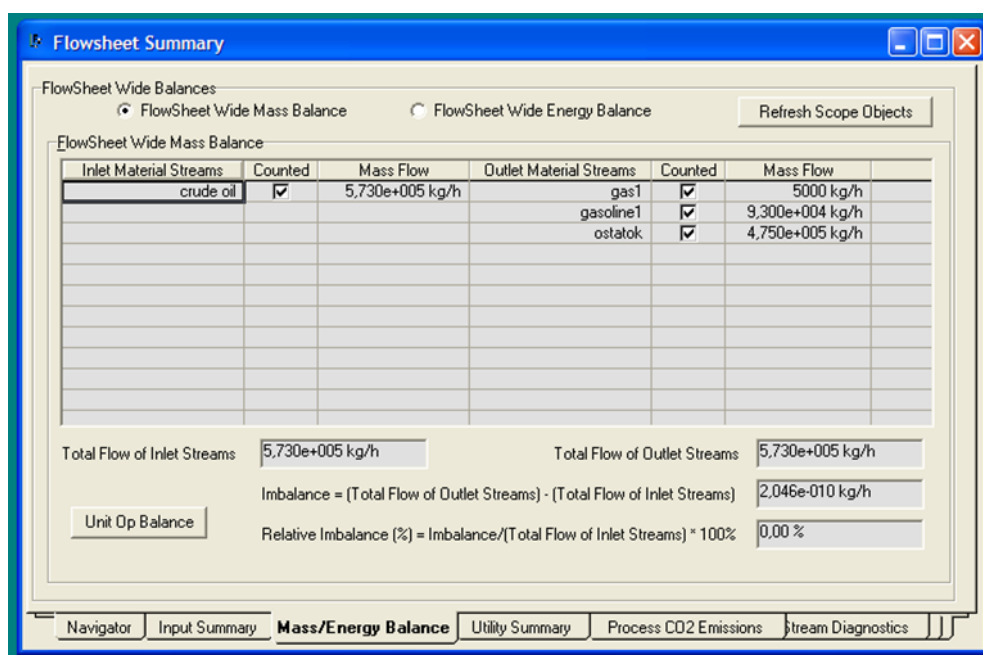


Рисунок 14 – Материальный баланс колонны отбензинивания

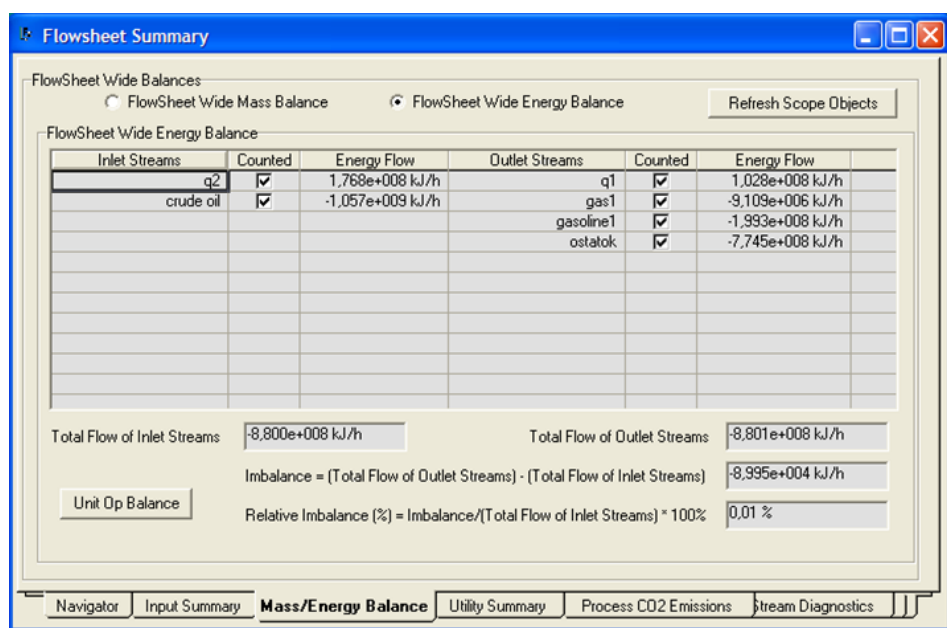


Рисунок 15 – Тепловой баланс колонны отбензинивания





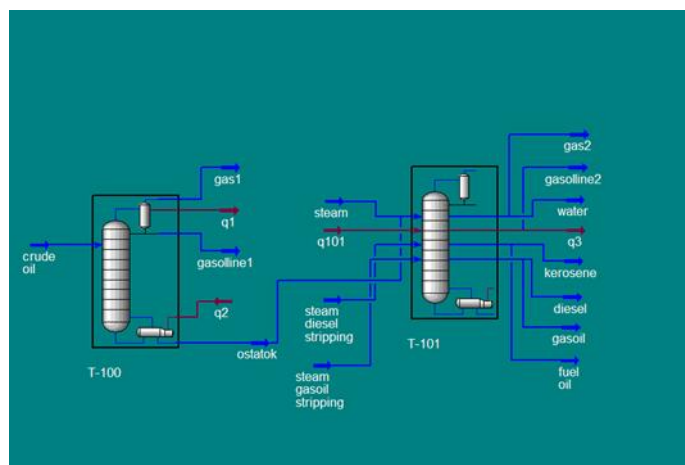


Рисунок 18 – Сложная колонна

Установка атмосферной перегонки, двухколонная, по числу основных колонн: \_\_\_\_\_ первая — \_\_\_\_\_ простая, \_\_\_\_\_ вторая — \_\_\_\_\_ сложная (три внешние отпарные колонны) До поступления в первую ректификационную колонну отбензинивания нефти, нефть нагревается в теплообменнике. Верхним продуктом первой колонны является легкая бензиновая фракция и небольшое количество газа. Остальные дистилляты, выводимые с установки, получаем во второй колонне.

Во \_\_\_\_\_ 2-ой колонне применяем промежуточное циркуляционное орошение, оно рационально использует избыточное тепло колонны для подогрева нефти, при этом выравниваются нагрузки по высоте колонны, что обеспечивает оптимальные условия ее работы.

Заглянув в соответствующие области программы можно получить данные по колонне:

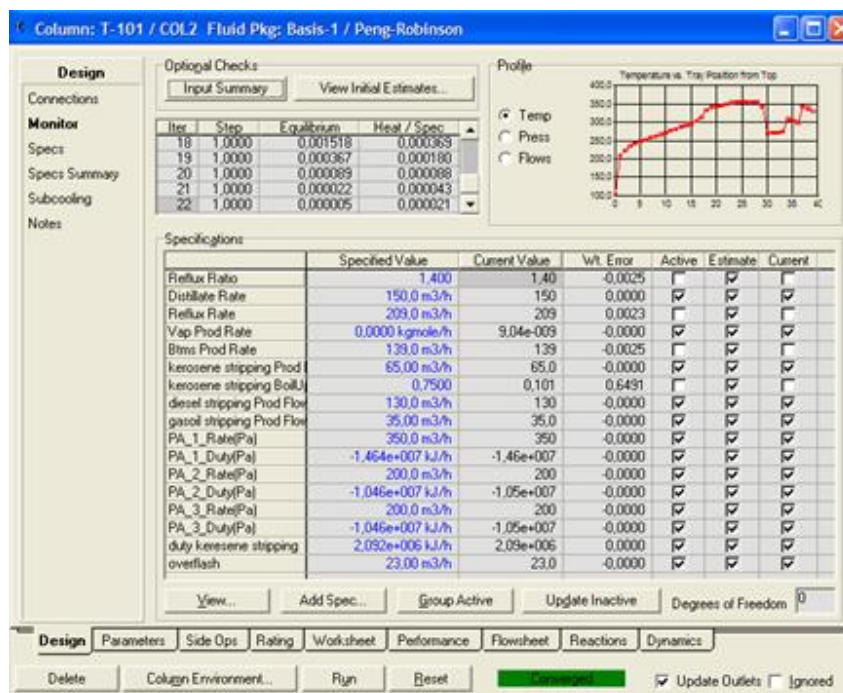


Рисунок 19 –  
Основные спецификации колонны атмосферной перегонки нефти (профиль давления)

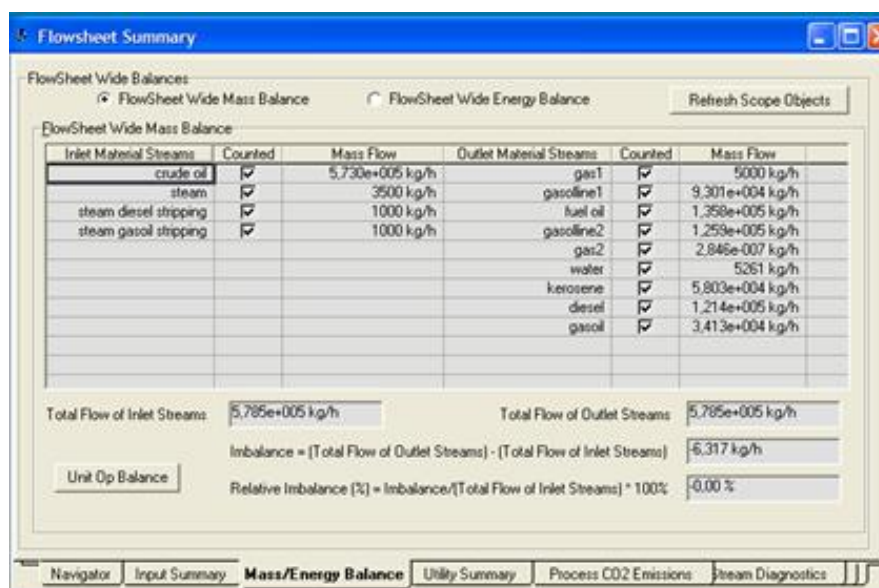


Рисунок 20 – Материальный баланс установки перегонки нефти

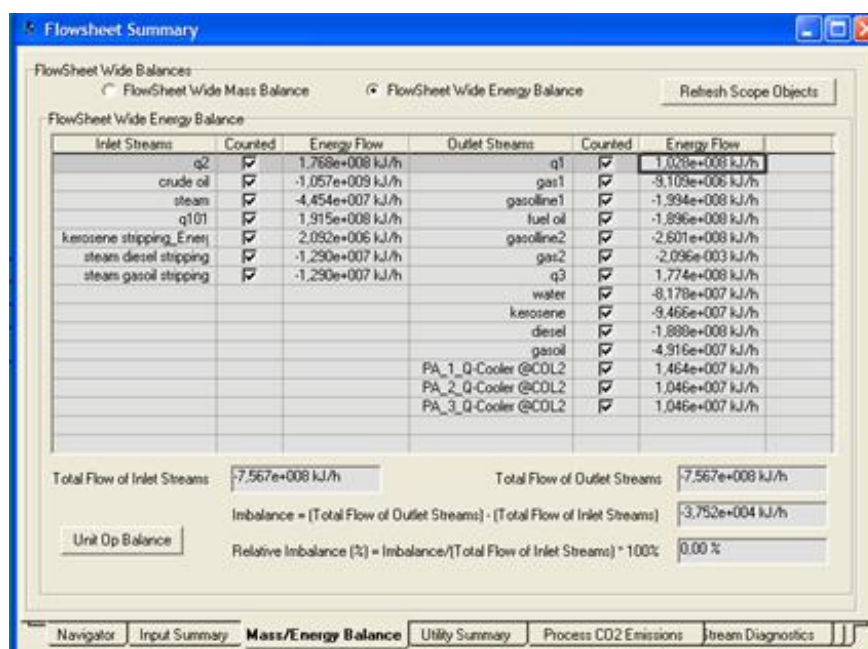


Рисунок 21 – Тепловой баланс установки перегонки нефти

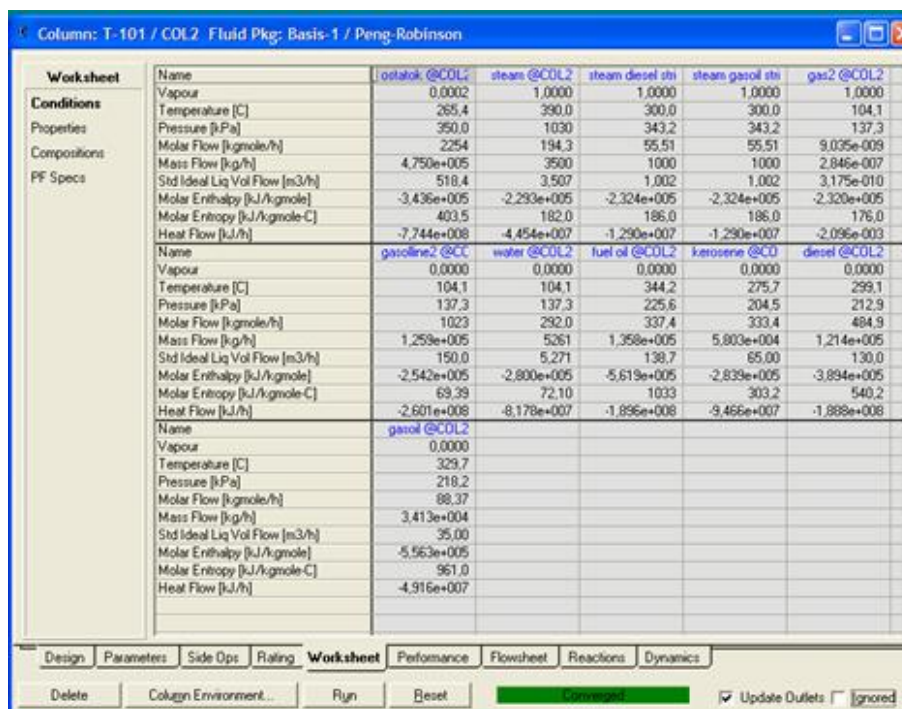


Рисунок 22 – Технологические условия потоков установки перегонки нефти



Column: T-101 / COL2: Fluid Pkg: Basis-1 / Peng-Robinson

Worksheet		colatol	steam	team diesel	stripper	team gasoil	stripper	gas2	gasoline2	water
Conditions	Propane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Properties	i-Butane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	n-Butane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Compositions	i-Pentane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	n-Pentane	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
PF Specs	H2O	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.8548	0.0082	1.0000		
	NBP[0]44*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	NBP[0]56*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	NBP[0]72*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	NBP[0]87*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	NBP[0]101*	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	NBP[0]115*	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0031	0.0000		
	NBP[0]130*	0.0712	0.0000	0.0000	0.0000	0.0542	0.1542	0.0000		
	NBP[0]145*	0.0628	0.0000	0.0000	0.0000	0.0413	0.1780	0.0000		
	NBP[0]159*	0.0739	0.0000	0.0000	0.0000	0.0236	0.1570	0.0000		
	NBP[0]173*	0.0592	0.0000	0.0000	0.0000	0.0119	0.1237	0.0000		
	NBP[0]188*	0.0484	0.0000	0.0000	0.0000	0.0059	0.0986	0.0000		
	NBP[0]203*	0.0494	0.0000	0.0000	0.0000	0.0035	0.0961	0.0000		
	NBP[0]217*	0.0522	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0931	0.0000		
	NBP[0]231*	0.0480	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0645	0.0000		
	NBP[0]246*	0.0461	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0211	0.0000		
	NBP[0]260*	0.0435	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0000		
	NBP[0]275*	0.0414	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000		
	NBP[0]290*	0.0405	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]304*	0.0374	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]318*	0.0304	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]333*	0.0263	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]348*	0.0276	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]362*	0.0280	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]377*	0.0342	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]391*	0.0399	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]405*	0.0298	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]421*	0.0248	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]439*	0.0347	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	NBP[0]462*	0.0289	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		

Design Parameters Side Ops Rating **Worksheet** Performance Flowsheet Reactions Dynamics

Delete Column Environment... Run Reset Converged ☒ Update Outlets ☐ Ignored

Рисунок 23 - Составы потоков установки перегонки нефти

#### 4.1.4 «TraySizing»

При помощи утилиты «TraySizing» можно выполнить расчет тарельчатой секции. По умолчанию добавляется вся тарельчатая секция аппарата, но при необходимости её можно разбить на несколько подсекций, включив в них не все тарелки, а только нужное их количество.

Tray Sizing: Tray Sizing-1

Design

**Setup**

Specs

Tray Internals

Notes

Name: Tray Sizing-1

Tray Section: Main TS

Select TS...

Setup Sections

	Section_1	← подсекция
Start	6_Main TS	← Первая тарелка подсекции
End	1_Main TS	← Последняя тарелка подсекции
Internals	Sieve	← Тип тарелки (см. табл. 1)
Mode	Design	
Active	<input type="checkbox"/>	
Status	Complete	
Design Limit	Flooding	
Limiting Stage	2_Main TS	
Include vapor head	<input type="checkbox"/>	

8 → Add Section...

Copy Section

Auto Section...

Remove Section

% Liquid Draw: 0.00 %

Use Vapour: Below Tray

for Design/Rating

Рисунок 24 - Расчет тарельчатой секции

Выбор типа тарелок осуществляется исходя из соотношений мольных расходов пара и жидкости на тарелке.

На рисунке 25 показаны результаты, которые доступны после выполнения расчета (диаметр и высота секции, гидравлические и конструктивные характеристики тарелок).

Section Results	
<input checked="" type="radio"/> Trayed	<input type="radio"/> Packed
Export Pressures View Warnings...	
Tray Results	
Section	Section_3
Internals	Sieve
Section Diameter [m]	3,200
Max Flooding [%]	85,80
X-Sectional Area [m2]	8,044
Section Height [m]	20,73
Section DeltaP [kPa]	15,34
Number of Flow Paths	1
Flow Length [mm]	2273
Flow Width [mm]	2906
Max DC Backup [%]	39,94
Max Weir Load [m3/h-m]	87,25
Max DP/Tray [kPa]	0,557
Tray Spacing [mm]	609,6
Total Weir Length [mm]	2253
Weir Height [mm]	50,80
Active Area [m2]	6,606

Рисунок 25 – Результаты расчёта тарельчатой секции утилитой «TraySizing»

#### 4.1.5 Анализ эффективности

Далее выполнен анализ эффективности. Выполнено моделирование с тарелками (ситчатые, клапанные, колпачковые) и с насадками Рашига и Нортон. Сравнивались диаметры колонн, площадь разделения, высота контактов устройств и гидравлическое сопротивление. Результаты моделирования представлены в таблице 5

Таблица 5 – Результаты моделирования.

параметры	тарелки			насадки	
	ситчатые	клапанные	колпачковые	Насадка Нортона	Насадка Рашига
Диаметр, м	3,200	3,353	3,505	3,658	3,810
макс. Поток, %	85,80	78,10	73,97	57,93	56,51
площадь разделения, м <sup>2</sup>	8,044	8,829	9,650	10,51	11,40
высота, м	20,73	20,73	20,73	25,08	25,39
гидравлическое сопротивление, кПа	15,34	24,59	34,83	6,854	6,971

Насадочные ректификационные колонны имеют меньшее по сравнению с тарельчатыми колоннами гидравлическое сопротивление, приходящееся на одну теоретическую тарелку. Наиболее распространенный тип насадочных массообменных колонн — аппараты с насыпной насадкой. Важнейшей частью колонн этого типа является насадка, служащая для развития поверхности контакта фаз, которая образуется жидкостью, смачивающей насадку. Важнейшими характеристиками насадки являются удельная поверхность, т.е. поверхность единицы объема насадки, и свободный объем. Увеличение удельной поверхности насадки благоприятствует повышению ее разделяющего действия. Однако это чаще всего связано с уменьшением свободного объема, что приводит к повышению гидравлического сопротивления. При разделении смесей важно обеспечить достаточное разделяющее действие при минимальном гидравлическом сопротивлении.

## Заключение

В результате выполнения данной работы были изучены пути повышения эффективности схем фракционирования нефти и нефтепродуктов, а также конструкции эффективных контактных устройств.

Разработаны модели схем фракционирования в среде UnisimDesign.

На модели выполнен анализ основных конструктивных размеров и гидравлических сопротивлений колонн отбензинивания, оборудованных различными типами контактных устройств.

По результатам расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Среди тарельчатых колонн наименьшие размеры и гидравлическое сопротивление у колонны, оборудованной ситчатыми тарелками. Следовательно, и капитальные затраты и затраты энергии на преодоление потерь напора у этой колонны – минимальны. Поскольку в колонне отбензинивания отгоняют только легкие фракции, нет опасности засорения отверстий тяжелыми продуктами и можно рекомендовать использовать данный тип тарелок.
2. Насадочные колонны имеют существенно большие размеры по сравнению с тарельчатыми, однако их гидравлическое сопротивление в 2,2 – 5,0 раз ниже. Капитальные затраты в этом случае выше, а операционные ниже, чем у тарельчатых. Расчеты показали, что предпочтительнее использовать насадку Нортон.
3. Окончательный выбор в пользу тарелок или насадки можно сделать после полного анализа всех капитальных затрат и оценки стоимости энергии, для чего необходимы данные по конкретному производству или его проекту.



## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Введение**

Самым важным сырьем в промышленно развитых странах остается нефть. Она дает тепло, а также является автомобильным и авиационным топливом. Элементы, входящие в состав нефти, используются в производстве почти любой химической продукции, например, пластмасс, моющих средств, лаков и лекарств. Поэтому очень важно развивать технологии добычи этого ценного сырья.

### **5.1 Предпроектный анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

*Целевой рынок* – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

продукт: бензин;

целевой рынок: железнодорожный транспорт, грузовой автотранспорт, водный транспорт, военная техника, сельскохозяйственная техника, легковой дизельный автотранспорт, котельные.

#### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной

разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области производства бензина: ПАО «Газпромнефть» и АО «Роснефть».

В таблице 6 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические решения в области производства бензина.

Таблица 6 - Анализ конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Выход продукта	0,3	4	5	3	1,2	1,5	0,9
2. Качество продукта	0,3	5	4	3	1,5	1,2	0,9
3. Энергоемкость процессов	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
4. Цена	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>4,5</b>	<b>4,3</b>	<b>3,4</b>

Б<sub>ф</sub> – продукт проведенной исследовательской работы;

Б<sub>к1</sub> – ПАО «Газпромнефть»; Б<sub>к2</sub> – АО «Роснефть».

### 5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Таблица 7– Результаты первого этапа SWOT- анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Систематическое повышение уровня квалификации</li> <li>2. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</li> <li>3. Наличие постоянных поставщиков (Зап. Сибири Сахалин).</li> <li>4. Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.</li> <li>5. Внедрение новых узлов оборудования и совершенствования технологических процессов.</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов.</li> <li>2. Устаревшее оборудование.</li> <li>3. Высокая степень износа оборудования.</li> <li>4. Повышение цен у поставщиков.</li> <li>5. Высокий уровень цен на выпускаемую продукцию.</li> </ol>
<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Спрос на выпуск нефтепродуктов в России, некоторых странах АТР достаточно высок и имеет устойчивую тенденцию к увеличению.</li> <li>2. Малое количество посредников на территории Дальнего Востока.</li> <li>3. Небольшое количество конкурентов на территории Дальнего Востока.</li> <li>4. Высокое качество поставляемых ресурсов.</li> </ol>	<p><b>Сильные стороны и возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эффективное использование ресурсов производства.</li> <li>2. Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков).</li> <li>3. Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны и возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников.</li> <li>2. Нарботка и укрепление конкурентных преимуществ продукта.</li> <li>3. Модернизация оборудования.</li> <li>4. Внедрение технологии</li> <li>5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений</li> </ol>
<p><b>Угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение уровня налогов.</li> <li>2. Повышение требований к качеству продукции.</li> <li>3. Несвоевременные поставки сырья и оборудования.</li> </ol>	<p><b>Сильные стороны и угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Применение оптимальной налоговой политики.</li> <li>2. Внедрение менеджмента качества.</li> <li>3. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны и угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышение цен на выпускаемую продукцию.</li> <li>2. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.</li> </ol>

### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Степень готовности научной разработки к коммерциализации и уровень собственных знаний для ее проведения заполняется в специальной форме (таблица 8).

Таблица 8- Оценка готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>36</b>	<b>36</b>

По результатам оценки можно сказать, что данная разработка считается средней перспективности.

## 5.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

Заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта указаны в таблице 9.

Таблица 9 - Результат научного проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Автозаправочные станции «ЛУКОЙЛ»	бензин

Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 10- информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей

<b>Цели проекта:</b>	Разработка двухколонной ректификационной установки перегонки нефти.
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Получение результатов при помощи САПР
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Адекватность результатов
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Стандартизация готового продукта

### 5.2.1 Организационная структура проекта

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и студент. Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Студент непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения определим события и составим таблицу 11.

Таблица 11– Основные цели планирования работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
Разработка технического задания	2	Составление технического задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	3	Изучение литературы, нормативных документов, составление литературного обзора	Бакалавр
	4	Изучение методики проведения экспериментов	Бакалавр
	5	Знакомство с оборудованием для проведения экспериментов	Руководитель Бакалавр
	6	Проведение экспериментов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	Бакалавр
	8	Обсуждение полученных результатов	Руководитель, Бакалавр
Оформление отчета по ВКР (комплекта документации по ВКР)	9	Оформление выводов	Бакалавр
	10	Оформление пояснительной записки	Бакалавр

### 5.2.2 Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.}$$

Где  $t_{ож\ i}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.}$$

где  $T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,48 = 2,08 = 2 \text{ календ. дн}$$

где  $T_{ki}$  - продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

$T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$k_{\text{кал}}$  — коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,48$$

где  $T_{\text{кг}}$ — количество календарных дней в году;  $T_{\text{вд}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пд}}$ — количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлили до целого числа.

Все рассчитанные значения свели в таблицу 12.

## **5.3 Планирование управления научно-техническим проектом**

### **5.3.1 План проекта**

Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (таблица 13).



Таблица 12 - Временные показатели проведения ВКР

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож\ i}$ , чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Выбор направления исследований	1	0,8	0,8	2	2	1,8	1,40	1,28	1,2	Р,Б	Р,Б	Р,Б	0,72	0,64	0,6	1	1	1
Составление технического задания	0,6	0,5	0,5	0,8	0,8	0,9	0,68	0,62	0,66	Р	Р	Р	0,67	0,62	0,66	1	1	1
Изучение литературы, нормативных доку- ментов, составление литературного обзора	13	11	12	17	15	16	14,6	12,6	13,6	Б	Б	Б	14,8	14	13,8	23	20	20
Изучение методики проведения экспериментов	4	4	3	6	5	5	4,8	4,4	3,8	Б	Б	Б	4,7	4,4	3,9	7	7	6
Знакомство с оборудованием для проведе- ния экспериментов	6	5	6	7	7	7	6,4	5,8	6,4	Р,Б	Р,Б	Р,Б	3,9	3,5	3,2	5	4	4
Проведение экспериментов	16	15	15	18	17	16	16,8	15,8	15,4	Б	Б	Б	16,8	15,8	15,6	26	24	24
Обработка результатов, оформление таблиц данных, графиков	9	8	9	10	10	10	9,4	8,8	9,4	Б	Б	Б	9,8	8,8	9,4	15	14	15
Обсуждение полученных результатов	9	9	8	10	10	10	9,4	9,4	8,8	Р,Б	Р,Б	Р,Б	4,8	4,7	4,4	7	7	7
Оформление выводов	7	6	6	8	9	8	7,4	7,2	6,8	Б	Б	Б	7,6	7,2	6,9	11	11	10
Оформление пояснительной записки	15	14	14	16	16	15	15,4	14,8	14,4	Б	Б	Б	15,6	15,3	14,9	23	22	21
Итого:													79	75	73	119	111	109

Р – руководитель; Б - бакалавр

Таблица 13 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	6	■												
2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	8		▨											
3	Подбор и изучение материала по теме	бакалавр	10		■											
4	Патентный обзор литературы	бакалавр	10			■										
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3				▨									
6	Проведение теоретических расчетов	Руководитель, бакалавр	14				■	■	■							
7	Оценка эффективности производства и применения разработки	Руководитель, бакалавр	8							■	▨					
8	Разработка социальной ответственности по теме	Руководитель, бакалавр	8								■	▨				
9	Разработка необходимых чертежей	Руководитель, бакалавр	13									■	■			
10	Составление пояснительной записки	бакалавр	6											■		

■ – руководитель ▨ – бакалавр

### 5.3.2 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице (таблица 14).

#### *Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)*

Таблица 14 – Статьи затрат

Затраты по статьям					
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
330000	12070000	92718,5	12032,78	31425,4	12524143.9
495000	12070000	92718,5	12032,78	31425,4	12689143.9
396000	12070000	92718,5	12032,78	31425,4	12590143.9

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье указаны в таблице 15.

Таблица 15 - Материальные затраты.

Наименование	Ед.изм.	Количество			Цена за ед., т.руб			Затраты на материалы, (Зм), т.руб.		
		НПЗ	Аналог 1	Аналог2	НПЗ	Аналог1	Аналог2	НПЗ	Аналог 1	Аналог 2
Нефть	т	100	150	120	3,3	3,3	3,3	330,0	495,0	396,0
<b>Итого:</b>								<b>330,0</b>	<b>495,0</b>	<b>396,0</b>

*Аналог 1 – ПАО«Газпром нефть»;*

*Аналог 2 – АО «Роснефть».*

### ***Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ***

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 16). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 16 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, т.руб.	Сумма амортиза- ционныхотчисле- ний, т.руб.
1.	Ребойлер	2	150,0	22,50
2.	Ректификационная колонна	2	5000,0	750,00
3.	Стриппинг-колонна	3	500,0	75,00
4.	Теплообменник	1	10,0	1,50
5.	Насос	1	20,0	3,00
6.	Рефлюксные ёмкости	2	120,0	18,00
<b>Итого</b>			<b>12070,0</b>	<b>1810,50</b>

### ***Основная заработная плата***

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводим в таблицу 17.

Таблица 17 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	$k_p$	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	30000	1,3	37602,42	1253,42	64	80218,5
бакалавр	2500				88	12500

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = 3_{\text{осн}} + 3_{\text{доп}}$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ( $З_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 13);

$З_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.(таблица 18).

Таблица 18 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	136	136
Количество нерабочих дней	42	42
- выходные дни	6	6
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	-
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	64	88

### **Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала**

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

В таблице 19 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 19 - Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	80218,5	12500
Дополнительная зарплата	12032,78	-
Итого по статье $C_{\text{ЗП}}$	92251,28	12500

### **Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

где  $k_{внеб} = 30\%$  коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 20 - Отчисления на социальные нужды

	<b>Руководитель</b>	<b>Бакалавр</b>
Зарплата	80218,5	12500
Отчисления на социальные нужды	27675,4	3750

### 5.3.3 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная (таблица 21).

Таблица 21 - Выбор организационной структуры научного проекта

<b>Критерии выбора</b>	<b>Функциональная</b>	<b>Матричная</b>	<b>Проектная</b>
<b>Степень неопределенности условий реализации проекта</b>	Низкая	Высокая	Высокая
<b>Технология проекта</b>	Стандартная	Сложная	Новая
<b>Сложность проекта</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Взаимозависимость между отдельными частями проекта</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)</b>	Низкая	Средняя	Высокая
<b>Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня</b>	Высокая	Средняя	Низкая

Вывод: на основе проведенного анализа выбора организационной структуры научного проекта - наиболее выгодной является проектная структура.

## 5.4 Определение ресурсной(ресурсосберегающей),финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность.

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.



Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

#### 5.4.1 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования (таблица 22). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Таблица 22 –Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	495000	12070000	92718,5	31425,4	12689143.9
2	396000	12070000	92718,5	31425,4	12590143.9

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{мах}}}$$

- 1) 12524143.9/12689143.9=0.98
- 2) 12689143.9/12689143.9=1
- 3) 12590143.9/12689143.9=0.99

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп. i}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{\text{pi}}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой ко- эффициент па- раметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	3,5

$$\text{Аналог 1} - I_{p-m} = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,15 = 4,6$$

$$I_{1A} = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 4,5$$

$$I_{2A} = 3 \times 0,25 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 3,8$$

ПАО «Газпром нефть»;

Аналог 2 – АО «Роснефть».

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 24 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Аналог 1	Текущий проект	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,98	0,99
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	4,7	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,04		1,24

Аналог 1 – ПАО «Газпром нефть»;

Аналог 2 – АО «Роснефть».

**Вывод:** Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило определить, что вариант решения (Текущий проект) поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым. Полученная величина интегрального финансового

показателя (Текущий проект) = 0,98 наиболее удешевляет стоимость разработки. Наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности у (Текущий проект) = 4,6 (данная величина превышает единицу), соответственно данная инвестиция приемлема.

## **6.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

В данном разделе исследуется проект ректификационной колонны. Данная установка входит в состав нефтеперерабатывающих производств. Продукция установки применяется в качестве компонента топлива для двигателей внутреннего сгорания, а также как сырье для нефтехимических и лакокрасочных производств. Процесс ректификации является пожаро- и взрывоопасным производством и использует вещества, оказывающие вредное воздействие на организм человека.

Продуктом, определяющим взрывоопасность ректификационной колонны, являются пары углеводородов, которые с кислородом воздуха образуют смесь, взрывающуюся при наличии огня или искры.

Все применяемые на установке продукты являются горючими газами или легковоспламеняющимися жидкостями, большинство из которых имеют низкую температуру вспышки.

Наиболее опасными местами на установке являются:

- помещение технологической насосной;
- места отбора газообразных проб для лабораторных анализов;
- все колодцы промканализации, где возможно скопление углеводородных паров.

### **6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### *Условия труда*

На установке ректификационной колонны, согласно N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда", присутствуют вредные условия труда (3 класс). В зависимости от проведенной спецоценки условия классифицируются:

1. подкласс 3.1 (вредные условия труда 1 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, после воздействия которых измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается, как правило, при более длительном, чем до

начала следующего рабочего дня (смены), прекращении воздействия данных факторов, и увеличивается риск повреждения здоровья;

2. подкласс 3.2 (вредные условия труда 2 степени) - условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых способны вызвать стойкие функциональные изменения в организме работника, приводящие к появлению и развитию начальных форм профессиональных заболеваний или профессиональных заболеваний легкой степени тяжести (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (пятнадцать и более лет);

### *Гарантии и компенсации*

1. На установке принят двухсменный четырёхбригадный график работы согласно “Списку производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых даёт право на дополнительный отпуск и сокращённый рабочий день”, М., 1977, гл. IX, п. 45 и 54а (содержание серы в сырье 0,005 масс. %).

2. Дополнительный отпуск (12 календарных дней).

3. Всем работникам установки с целью нейтрализации вредных для организма веществ выдается молоко в количестве 0,5 литра в сутки.

4. При достаточном трудовом стаже выход на льготную пенсию.

### *Обеспечение СИЗ*

Для предотвращения несчастных случаев, заболеваний и отравлений, связанных с производством, весь обслуживающий персонал установки обеспечивается средствами индивидуальной защиты.

Нормы бесплатной выдачи спецодежды и спецобуви приняты на основании приказа от 1 июня 2009 года N 290н «Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (с изменениями на 12 января 2015 года)»

Список индивидуальных средств защиты (спецодежда, спецобувь, приспособления) с указанием норм выдачи и носки приведён в таблице 24.

Таблица 24 Нормы выдачи СИЗ

Профессии работающих	Средства индивидуальной защиты работающих	Срок службы
Старший оператор, оператор технологически х установок;	Костюм из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой или из огнестойкой ткани на основе полиамидных волокон	2 на 2 года
	Плащ влагозащитный	дежурный
	Футболка	4 на 2 года
	Перчатки с полимерным покрытием	6 пар
	Перчатки резиновые или из полимерных материалов	6 пар
	Каска защитная	1 на 2 года
	Подшлемник под каску (с однослойным или трехслойным утеплителем)	2 на 2 года
	Наушники противoshумные	до износа
	Очки защитные открытые	до износа
	Пояс предохранительный	до износа
	Респиратор	до износа
	Полумаска или маска с противогазовыми фильтрами	до износа
	На наружных работах зимой дополнительно:	
	Костюм из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой или из огнестойкой ткани на основе полиамидных волокон на утепляющей прокладке	1 на 2 года
	Белье нательное утепленное	2 комплекта
	Жилет утепленный	1
	Ботинки утепленные с жестким подноском или Сапоги утепленные с жестким подноском	1 пара на 2,5 года
	Валенки	1 пара на 2,5 года
	Галоши на валенки	1 пара
	Шапка-ушанка	1 на 3 года
	Перчатки с защитным покрытием, нефтеморозостойкие	6 пар
	Перчатки шерстяные	6 пар
	Рукавицы меховые в IV и особом поясах	1 на 2 года

### *Обеспечение смывающими средствами*

Каждый работник должен быть обеспечен смывающими и (или) обезвреживающих средств на основании приказа Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010г. №1122н. Типовые нормы смывающих средств приведены в таблице 25.

Таблица 25. Нормы выдачи смывающих средств

Виды смывающих и (или) обезвреживающих средств	Наименование работ и производственных факторов	Норма выдачи на 1 работника в месяц
1	2	3
<b>I. Защитные средства</b>		
Средства гидрофильного действия (впитывающие влагу, увлажняющие кожу)	Работы с органическими растворителями, техническими маслами, смазками, сажей, лаками и красками, смолами, нефтью и нефтепродуктами и т.д.	100 мл
Средства гидрофобного действия (отталкивающие влагу, сушащие кожу)	Работы с водными растворами, водой (предусмотренные технологией), СОЖ на водной основе, дезинфицирующими средствами, растворами цемента, извести, кислот, щелочей, солей, щелочемасляными эмульсиями и другими водорастворимыми материалами и веществами;	100 мл
Средства для защиты кожи при негативном влиянии окружающей среды	Наружные, сварочные и другие работы, связанные с воздействием ультрафиолетового излучения диапазонов А, В, С или воздействием пониженных температур, ветра	100 мл
Средства для защиты от бактериологических вредных факторов (дезинфицирующие)	Работы с бактериально опасными средами; при нахождении рабочего места удаленно от стационарных санитарно-бытовых узлов; работы, выполняемые в закрытой специальной обуви;	100 мл
Средства для защиты от биологических вредных факторов (от укусов членистоногих)	Наружные работы (сезонно, при температуре выше 0°C) в период активности кровососущих и жалящих насекомых и паукообразных	200 мл
<b>II. Очищающие средства</b>		
Мыло или жидкие моющие средства в том числе: для мытья рук для мытья тела	Работы, связанные с легкосмываемыми загрязнениями	200 г (мыло туалетное) или 250 мл (жидкие моющие средства в дозирующих устройствах) 300 г (мыло туалетное) или 500 мл (жидкие моющие средства в дозирующих устройствах)
Твердое туалетное мыло или жидкие моющие средства	Работы, связанные с трудносмываемыми, устойчивыми загрязнениями: масла, смазки, нефтепродукты, лаки, краски, смолы, клеи, битум, мазут, силикон, сажа, графит, различные виды производственной пыли (в том числе угольная, металлическая)	300г (мыло туалетное) или 500 мл (жидкие моющие средства)
Очищающие кремы, гели и пасты	Работы, связанные с трудносмываемыми, устойчивыми загрязнениями.	200 мл
<b>III. Регенерирующие, восстанавливающие средства</b>		
Регенерирующие, восстанавливающие кремы, эмульсии	Работы с органическими растворителями, техническими маслами, смазками, сажей, лаками и красками, смолами, нефтью и нефтепродуктами, графитом, различными видами производственной пыли (в том числе угольной, стекольной и другими), мазутом, СОЖ на водной и масляной основе, с водой и водными растворами (предусмотренные технологией)	100 мл



## **6.2 Производственная безопасность**

Перечень опасных и вредных факторов, по ГОСТ 12.0.003-2015, характерные для производственной среды ректификационной колонны приведены в таблице 26.

Таблица 26 Опасные и вредные факторы при эксплуатации и обслуживанию технологической установки риформинга.

Источник фактора, наименование работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Обход и осмотр оборудования. 2. Проведение технологических операций. 3. Обтяжка крепежа аппаратов и оборудования. 4. Отбор проб.	1. Отклонение показателей микроклимата в помещениях; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды; 4. Повышенная температура оборудования, механизмов; 5. Применение токсичных, sensibilizing и раздражающих веществ.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток. 3. Применение горючих и взрывоопасных веществ	Параметры микроклимата, повышенная температура оборудования, устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [21]. Количество токсичных, sensibilizing и раздражающих веществ регламентируется ГН 2.2.5.1313-03 [22]. Уровень шума регламентируется. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [23]. Уровень вибрации регламентируется СИ 2.2.4/2.1.8.556-96 [24]. Действие подвижных частей производственного оборудования регламентируется ПОТ РО 14000-001-98 [25]. Электрический ток ПУЭ 7 [26]. Применение горючих и взрывоопасных веществ №123 ФЗ от 22.07.2008 [27].

## 6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды

### *Отклонение параметров микроклимата*

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Оптимальные параметры показателей микроклимата приведены в таблице 27 по ГОСТ 30494-2011.

Таблица 27 Санитарно-гигиенические условия в производственном помещении

Показатели	Производственное помещение - Операторная
Характеристика тяжести работы	Средней тяжести I б
Температура воздуха: Теплый период Холодный период, °С	21-23 22-24
Температура поверхностей: Теплый период Холодный период, °С	20-24 21-25
Относительная влажность, %,	40-60
Скорость движения воздуха, м/с,	0,1

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата использованы защитные мероприятия:

- коллективные: системы местного кондиционирования воздуха, помещения для отдыха и обогрева.
- индивидуальные: спецодежда.

### *Повышенный уровень шума*

Шум возникает при работе оборудования (насосов, электровентиляторов) и движении материальных потоков по трубопроводам.

При постоянном воздействии шума наблюдаются снижение слуха, различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно-сосудистой системы.

Шум на рабочих местах не должен превышать 65 дБ[28].

Средства защиты: от шума - применение шумного оборудования, применение звукоизоляционных экранов, применение работниками специальных наушников;

### *Повышенный уровень вибрации*

Шум и вибрация возникают при работе оборудования (насосов, электровентиляторов) и движении материальных потоков по трубопроводам.

Негативное влияние на организм человека оказывает вибрация, длительное воздействие которой вызывает нарушение функций дыхания, способствует изменению ритма сердечной деятельности и сосудистого тонуса; отрицательно сказывается на работе зрительной, вестибулярной, двигательной систем, а также на работе органов женской половой сферы.

Средства защиты: от вибрации-использование оборудования с виброзащитными рукоятками, специальной обуви и перчаток [29].

### *Вредные вещества*

Вещества: бензол, метанол, этанол, изобутиловый спирт получаемые на производстве вызывают токсическое отравление организма человека. Для защиты от действия вредных веществ применяется система вентиляции, система анализа превышения ПДК, при превышении ПДК включается сигнализация и аварийная вытяжная вентиляция. В качестве индивидуальных средств защиты применяются фильтрующие противогазы марки А или БКФ.

### *Механические опасности.*

На производстве возможны следующие виды механических опасностей: травмирование вращающимися и движущимися частями компрессоров, насосов, вентиляторов, аппаратов воздушного охлаждения; возможность падения при обслуживании аппаратов, расположенных на высоте. Для защиты работающих устанавливаются защитные ограждения, исключающие попадание частей тела человека в опасную зону.

### *Термические опасности*

Источниками термической опасности являются технологические аппараты и трубопроводы, имеющие повышенную температуру стенок. Для защиты работающих от ожогов применяется тепловая изоляция. Температура стенки теплоизоляции не должна превышать 45 °С в местах возможного касания открытыми участками тела персоналом, 60 °С в остальных местах. Защитные ограждения- экраны.

### *Электробезопасность*

Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током на установке выполнено зануление всех токоведущих металлических частей оборудования в электроустановках напряжением до 1000В с глухозаземленной нейтралью и заземление всех нетокведущих металлических частей электрооборудования в электроустановках напряжением выше 1000 В, которые могут оказаться под напряжением.

Сопротивление заземления операторной не должно превышать 4 Ом, остальных зданий и сооружений-10 Ом.

Здания и сооружения подлежат молниезащите от прямых ударов молнией и ее вторичных проявлений. Сооружения по устройству молниезащиты относятся ко 2-ой категории.

Для предупреждения возможности возникновения установке предусмотрен отвод электрических оборудования, коммуникаций, емкостей с ЛВЖ и горючими устройствам заземления.

### *Пожаровзрывобезопасность*

На установке основными вредными, токсичными, взрыво - и пожароопасным веществами, находящимися в производстве, являются: нефть, нефтяной газ, реагенты, неочищенные пластовые воды.

Сооружения размещаются на безопасном расстоянии друг от друга согласно противопожарных норм проектирования.

Технологическая и реагентная насосные, оборудуются автоматической системой пожаротушения.

Содержание взрывоопасных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать НКПВ. На установке должны быть установлены светильники, оборудование во взрывозащищенном исполнении категории Ex.

Для тушения пожаров небольших количеств на открытой поверхности применяют песок, который является универсальным средством огнетушения. Для тушения горячей электропроводки или электрооборудования применяются только углекислотные огнетушители. В местах, где находится обслуживающий персонал, предусмотрена система противопожарной сигнализации.

Территория установки должна постоянно содержаться в чистоте. Горючий мусор и отходы производства должны систематически убираться с производственной территории и вывозиться в безопасное в пожарном отношении место. Места разлива горючих жидкостей смываются водой и засыпаются сухим песком. Для тушения и предотвращения пожара установка ректификационной колонны снабжается первичными средствами пожаротушения - углекислотными и порошковыми огнетушителями, а также кошмой, ящиками с песком, лопатам, ведрами.

Применяемые на установке вещества и материалы, в силу своих токсических свойств классифицируются как вредные вещества. Эти же самые вещества обладают

пожаро- и взрывоопасностью. Характеристика и нормы содержания приведены в таблице 28

Таблица 28 Характеристика взрывопожароопасных и токсичных свойств сырья, продукции и отходов производства.

Наименование	Фракция 80-165°C	Водород- содержащий газ (ВСГ)	Водород, Н <sub>2</sub>
Класс опасности ГОСТ 12.1.005-88	3	4	4
Агрегатное при состоянии нормальных условиях	ЛВЖ, бесцветная, прозрачная жидкость	ГГ, бесцветный газ без запаха	ГГ, бесцветный газ без запаха
Плотность паров (газа) по воздуху кг/м <sup>3</sup>	-	0,29	0,069
Растворимость в воде, % масс	нет	Водород и метан не растворяются	нет
Температура самовоспламенения	300	510	510
ПДК в зоне воздуха, мг/м <sup>3</sup>	100	-	-
Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)	Оказывает наркотическое действие. При очень высоких концентрациях мгновенная потеря сознания, при умеренных - головная боль, судороги, нарушение сердечной деятельности. При попадании на кожу вызывает острые и хронические воспаления.	При высоких концентрациях вызывает удушье вследствие недостатка кислорода.	Физиологически инертный газ, лишь в очень высоких концентрациях вызывает удушье.



### 6.3 Экологическая безопасность

#### *Защита селитебной зоны*

Проектируемая установка ректификационной колонны относится к классу I «Производства по переработке нефти», согласно Сан ПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [30]. Санитарно-защитная зона составляет 1000м. Территория санитарно-защитной зоны предназначена для:

- обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;
- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

#### *Анализ воздействия объекта на атмосферу*

Работа установки связана с выбросами вредных веществ в атмосферу. Нормативы выбросов регламентируются ГН 2.1.6.1339-03 [31]

Выбросы подразделяются на организованные и неорганизованные.

К организованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу от установки ректификационной колонны сбросы дымовых газов после трубчатых печей в общую дымовую трубу, вентиляционные выбросы из компрессорной и насосных.

К неорганизованным выбросам относятся выбросы через неплотности аппаратов, запорной, регулирующей и предохранительной аппаратуры, фланцевых соединений, уплотнений вращающихся валов и т. д.

Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов установки ректификационной колонны определено в соответствии с технологическими данными и указано в таблице 29.

Таблица 29 Количество выбросов в атмосферу от объектов установки

Наименование сброса	Количество образования выбросов по видам (т/год)	Условие (метод) ликвидации, обезвреживания, утилизации	Периодичность выбросов часов в год	ОБУВ (мг/м <sup>3</sup> )	Примечание
1	2	3	4	5	6
<b>Неорганизованные выбросы</b>					
По установке:					
-сероводород	0,0066				
- бензол	1,056				
- ксилол	2,44				
- толуол	1,624				
- этилбензол	0,704				
- углеводороды пред. C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>	25,21		8000	1	
<b>Организованные выбросы</b>					
По установке: Печи					
- азота диоксид	9,808			45,7	
- азота оксид	1,594			7,41	
- ангидрид сернистый	13,250			61,8	
- углерода оксид	6,790			31,7	
- метан	1,830	без очистки	8000	8,6	
Насосы:- углеводороды пред. C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>					
	0,172			1	
Компрессорная: - углеводороды пред. C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub>					
	0,285		8000	1	

### *Анализ воздействия объекта на гидросферу*

Количество и характеристика загрязнений, отводимых с установки со сточными водами, приведены в таблице 30

Так как сточные воды закачиваются в пласт, то отходов от этих систем не будет.

Таблица 30 Количество и характеристика загрязнений, отводимых с установки со сточными водами

Наименование стока	Количество образования сточных вод (м <sup>3</sup> /ч)	Условия (метод) ликвидации, обезвреживания, утилизации	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в стоках, (мг/л)
1	2	3	4	5
Стоки от охлаждения компрессора водородсодержащего газа Кр-1/1,2	5,8	закачка в пласт	8000+340ч (1 раз в 2 года)	нефтепродукты до 5 мг/л
Стоки после промывки и пропарки аппаратов	5,0	закачка в пласт	1 раз в году	нефтепродукты до 50 мг/л
Стоки бытового корпуса операторной	3,25 0,14	закачка в пласт	постоянно	взвешенные вещества - до 200 мг/л, сухой остаток - до 150 мг/л, аммонийный азот - 3,2мг/л, фосфаты- 0,4 мг/л, хлориды - 0,3 мг/л

### *Анализ воздействия объекта на литосферу*

К основным причинам, приводящим к загрязнению грунта, относят: утечки через негерметичные соединения технологического оборудования; механические повреждения арматуры; выбросы в атмосферу; негерметичная канализационная система; разливы при сливо-наливных операциях и другие.

Решение имеющихся проблем загрязнения может быть связано, как с внедрением технических мероприятий по очистке, так и с мероприятиями, исключающими попадание вредных веществ в окружающую среду.

## 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### *Определение поражающих факторов вероятных чрезвычайных ситуаций*

В районе местоположения установки возможны следующие чрезвычайные ситуации:

#### 1. Природного характера:

- низкие температуры;
- сильный ветер;
- лесные, торфяные пожары.
- затопление паводковыми водами

На данной установке, таковыми могут быть все из вышеперечисленных факторов. Низкие температуры, как частое явление в северных регионах, могут привести к разгерметизации оборудования, отопления и соответственно к утечке газа. Предостережением такого фактора является постоянный контроль за работой оборудования и системой контроля температурного режима.

Сильные ветра, приводят к поломкам конструкций, быстрому распространению отравляющих газов на большие территории и т.д. . Следствием этого могут пострадать много людей и животных. Основной мерой предостережения является контроль за герметизацией оборудования.

Высокие температуры и отсутствие дождей в летний период являются основными причинами возгорания газов и торфяных залежей, последствием которых могут стать пожары не только на производстве, но и возгорание окружающих лесов. Предотвращением этого является контроль за герметизацией оборудования, предотвращение утечек, избежание открытого огня на территории цеха, исправность изоляции и т.д. Для этого проводится постоянный контроль за метеоусловиями, производится обвалование установки.

#### 2. Техногенного характера:

- пожары – могут привести к взрыву оборудования и к гибели людей;
- взрывы газовоздушных смесей;
- разливы вредных веществ – приводят к отравлению персонала;

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера необходимо чётко соблюдать нормы технологического режима и правила техники безопасности.

### 3. Социально-политического характера

- террористические акты.

### Список использованных источников

1. Чуракова С.К., Сидоров Г.М., Резяпов Р.Н., Богатых К.Ф. Модернизация ректификационного оборудования с использованием перекрёстноточных насадочных контактных устройств // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. - ООО "Издательский центр "Техинформ" МАИ" (Москва). - № 11, 2013.
2. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. - М.: Химия, 1981.
3. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф. Нефтехимия и нефтепереработка. Учебник для высших учебных заведений. - Баку: Издательство «Баку Университети», 2009.
- 4 А.В. Тимошенко, Е.А. Анохина, Д.Г. Рудаков, В.С. Тимофеев, Г.И. Тациевская, Ю.В. Матюшенкова. Энергосбережение в ректификации с использованием комплексов со связанными потоками. Вестник МИТХТ, 2011, т. 6, № 4
5. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С.А. Ахметов // -Уфа: Гилем, 2002.
6. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: ФЭН, 2004.
7. Тимошенко А.В., Анохина Е.А., Буев Д.Л.// Теоретические основы химической технологии. 2004. Т. 38. №2.
8. Лащинский А.А. //Конструирование сварных химических аппаратов. 1981
9. Бальчугов А.В., Бадеников А.В., Кузора И.Е. Каскадная тарелка. Патент RU 2526381, 2014.
10. Селиваненко И.Л., Суворкин К.Д. Структурированная насадка для массообменных колонн. Патент RU 2406565, 2010
11. Петлюк Ф.Б., Платонов В.М., Славинский Д.М. Термодинамически оптимальный способ разделения многокомпонентных смесей // Хим. Пром. 1965. №3.

12. Массообменные насадки[Электронный ресурс]: -  
режим доступа [http:// http://texnolit-t.ru](http://http://texnolit-t.ru).
- 13.X.Y. You, Z. S. Yang, 2003, Estimating the Relative Tray Efficiency of Sieve Distillation Trays by Applying Artificial Neural Networks
14. А.В. Кравцов, М.А. Самборская, А.В. Вольф, О.Е. Митянина Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей., Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
15. Быстров А.И., Деменков В.Н., Хайрудинов И.Р. Способ перегонки нефти. Патент RU 2515728,2013
- 16.Формирование математической модели и исследование множественности стационарных состояний реакционно-ректификационного процесса / М. А. Самборская, А. В. Кравцов, О. Е. Митянина // Химия и химическая технология: материалы I Международной Российско-Казахстанской конференции, г. Томск, 26-29 апреля 2011 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011.
17. Писаренко В. Н., Писаренко Е. В., Саркисов П. Д. К разработке инновационных технологий получения высококачественных моторных топлив и ключевых продуктов нефтехимического синтеза // Вестник Казанского технологического университета. - № 2, 2007.
- 18.Aspen Technology, Inc. HYSYS 2004.2 Operations guide, 2005.
- 19.Новиков А.А., Технологическое проектирование тарельчатых колонн фракционирования нефти: методические указания к выполнению лабораторных работ / Новиков А.А., Самборская М.А., – Томск: ТПУ, 2007.
20. Hysys.upstream [Электронный ресурс]: - <http://www.aspentech.com>.
21. Ахметов С. А. и др. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учебное пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов; Под ред. С. А. Ахметова. СПб.: Недра, 2006.
- 22.Дытнерский. Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Ч. 2. – М.: Химия, 1995.

Рачковский. – М.: Альфа-М, 2008.

23.Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03: утверждены главным

государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003. Москва.

24.Машины и аппараты химических производств / под ред. И.И. Чернобыльского. – М.:Машиностроение, 1975.

25. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб.пособие / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – М.: Альянс, 2007.

26.ГОСТ Р 52857.1-

2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

27. ГОСТ Р 52857.2-

2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

28. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

29. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.

30.Поникаров И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки: учеб. пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В.

31. ГОСТ Р 52857.3-

2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расч



## Приложение А

Material Stream: crude oil,		Fluid Package: Basis-1
,		
,		Property Package: Peng-Robinson
CONDITIONS		
	, Overall	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 180.0	, 180.0
Pressure: (kPa)	, 519.8	, 519.8
Molar Flow (kgmole/h)	, 3460	, 3460
Mass Flow (kg/h)	, 5.730e+005	, 5.730e+005
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 650.0	, 650.0
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -3.054e+005	, -3.054e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 233.3	, 233.3
Heat Flow (kJ/h)	, -1.057e+009	, -1.057e+009
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 650.0	, 650.0

Material Stream: gas1,		Fluid Package: Basis-1
,		
,		Property Package: Peng-Robinson
CONDITIONS		
	, Overall	, Vapour Phase
Vapour / Phase Fraction	, 1.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 66.61	, 66.61
Pressure: (kPa)	, 100.0	, 100.0
Molar Flow (kgmole/h)	, 68.63	, 68.63
Mass Flow (kg/h)	, 5000	, 5000
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 7.101	, 7.101
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -1.327e+005	, -1.327e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 108.5	, 108.5
Heat Flow (kJ/h)	, -9.109e+006	, -9.109e+006
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 7.281	, 7.281

Material Stream: gasoline1,		Fluid Package: Basis-1	
,			
		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 66.61	, 66.61	, 66.61
Pressure: (kPa)	, 100.0	, 100.0	, 100.0
Molar Flow (kgmole/h)	, 1138	, 0.0000	, 1138
Mass Flow (kg/h)	, 9.301e+004	, 0.0000	, 9.301e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 124.5	, 0.0000	, 124.5
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -1.753e+005	, -1.327e+005	, -1.753e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 9.359	, 108.5	, 9.359
Heat Flow (kJ/h)	, -1.994e+008	, 0.0000	, -1.994e+008
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 128.6	, 0.0000	, 128.6

Material Stream: ostatok,		Fluid Package: Basis-1	
,			
,		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 265.5	, 265.5	, 265.5
Pressure: (kPa)	, 350.0	, 350.0	, 350.0
Molar Flow (kgmole/h)	, 2254	, 0.0000	, 2254
Mass Flow (kg/h)	, 4.750e+005	, 0.0000	, 4.750e+005
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 518.4	, 0.0000	, 518.4
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -3.436e+005	, -1.691e+005	, -3.436e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 403.5	, 239.1	, 403.5
Heat Flow (kJ/h)	, -7.744e+008	, 0.0000	, -7.744e+008
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 523.5	, 0.0000	, 523.5

## Приложение Б

Material Stream: diesel,		Fluid Package: Basis-1	
,			
,		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 299.1	, 299.1	, 299.1
Pressure: (kPa)	, 212.9	, 212.9	, 212.9
Molar Flow (kgmole/h)	, 484.9	, 0.0000	, 484.9
Mass Flow (kg/h)	, 1.214e+005	, 0.0000	, 1.214e+005
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 130.0	, 0.0000	, 130.0
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -3.894e+005	, -2.435e+005	, -3.894e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 540.2	, 320.5	, 540.2
Heat Flow (kJ/h)	, -1.888e+008	, 0.0000	, -1.888e+008
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 134.4	, 0.0000	, 134.4

Material Stream: fuel oil,		Fluid Package: Basis-1	
,			
,		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 344.2	, 344.2	, 344.2
Pressure: (kPa)	, 225.6	, 225.6	, 225.6
Molar Flow (kgmole/h)	, 337.4	, 0.0000	, 337.4
Mass Flow (kg/h)	, 1.358e+005	, 0.0000	, 1.358e+005
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 138.7	, 0.0000	, 138.7
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -5.619e+005	, -2.496e+005	, -5.619e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 1033	, 350.3	, 1033
Heat Flow (kJ/h)	, -1.896e+008	, 0.0000	, -1.896e+008
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 142.3	, 0.0000	, 142.3

Material Stream: gas2,		Fluid Package: Basis-1	
,			
,		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall		, Vapour Phase
Vapour / Phase Fraction	, 1.0000		, 1.0000
Temperature: (C)	, 104.1		, 104.1
Pressure: (kPa)	, 137.3		, 137.3
Molar Flow (kgmole/h)	, 9.033e-009		, 9.033e-009
Mass Flow (kg/h)	, 2.846e-007		, 2.846e-007
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 3.175e-010		, 3.175e-010
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -2.320e+005		, -2.320e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 176.0		, 176.0
Heat Flow (kJ/h)	, -2.095e-003		, -2.095e-003
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 3.050e-010		, 3.050e-010

Material Stream: gasoil,		Fluid Package: Basis-1	
,			
,		Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 329.7	, 329.7	, 329.7
Pressure: (kPa)	, 218.2	, 218.2	, 218.2
Molar Flow (kgmole/h)	, 88.37	, 0.0000	, 88.37
Mass Flow (kg/h)	, 3.413e+004	, 0.0000	, 3.413e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 35.00	, 0.0000	, 35.00
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -5.563e+005	, -2.532e+005	, -5.563e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 961.0	, 298.2	, 961.0
Heat Flow (kJ/h)	, -4.916e+007	, 0.0000	, -4.916e+007
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 36.05	, 0.0000	, 36.05

Material Stream: kerosene,	Fluid Package: Basis-1		
,			
,	Property Package: Peng-Robinson		
CONDITIONS			
	, Overall	, Vapour Phase	, Liquid Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 275.7	, 275.7	, 275.7
Pressure: (kPa)	, 204.5	, 204.5	, 204.5
Molar Flow (kgmole/h)	, 333.4	, 0.0000	, 333.4
Mass Flow (kg/h)	, 5.803e+004	, 0.0000	, 5.803e+004
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 65.00	, 0.0000	, 65.00
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -2.839e+005	, -2.145e+005	, -2.839e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 303.2	, 340.6	, 303.2
Heat Flow (kJ/h)	, -9.466e+007	, 0.0000	, -9.466e+007
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 67.30	, 0.0000	, 67.30

Material Stream: water,	Fluid Package: Basis-1	
,		
,	Property Package: Peng-Robinson	
CONDITIONS		
	, Overall	, Aqueous Phase
Vapour / Phase Fraction	, 0.0000	, 1.0000
Temperature: (C)	, 104.1	, 104.1
Pressure: (kPa)	, 137.3	, 137.3
Molar Flow (kgmole/h)	, 292.3	, 292.3
Mass Flow (kg/h)	, 5265	, 5265
Std Ideal Liq Vol Flow (m3/h)	, 5.276	, 5.276
Molar Enthalpy (kJ/kgmole)	, -2.800e+005	, -2.800e+005
Molar Entropy (kJ/kgmole-C)	, 72.11	, 72.11
Heat Flow (kJ/h)	, -8.184e+007	, -8.184e+007
Liq Vol Flow @Std Cond (m3/h)	, 5.188	, 5.188